

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ И ЭКОЛОГИИ**

**АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ  
ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

**Сборник научных статей  
Международной научно-практической конференции**

23-25 апреля 2014 г.

**ЧАСТЬ III**

Брест 2014

УДК [502/504+628.1.034]

**Рецензенты:**

**В.В. Тур**, доктор технических наук, профессор,  
УО «Брестский государственный технический университет»

**В.И. Желязко**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

**М.А. Богдасаров**, доктор геолого-минералогических наук, профессор,  
УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»

**Редакционная коллегия:**

Председатель:

**А.А. Волчек**, доктор географических наук, профессор, БрГТУ

Зам. председателя:

**О.П. Мешик**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой природообустройства БрГТУ.

Члены редакционной коллегии:

**С.В. Басов**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой инженерной экологии и химии БрГТУ.

**В.Е. Валуев**, к.т.н., доцент, профессор кафедры природообустройства БрГТУ.

**Н.Н. Водчиц**, к.т.н., доцент, доцент кафедры природообустройства БрГТУ.

**Б.Н. Житенёв**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов БрГТУ.

**Д.А. Костюк**, к.т.н., доцент, доцент кафедры ЭВМ и систем БрГТУ.

**В.Г. Новосельцев**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции БрГТУ

**В.С. Северянин**, д.т.н., профессор, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции БрГТУ

**Н.П. Яловая**, к.т.н., доцент, директор института повышения квалификации и переподготовки кадров БрГТУ.

**А 43**      **Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания:** научные статьи Международн. науч.-практ. конф., Брест 23-25 апр. 2014 г.: в 4-х частях / УО «Брестск. гос. техн. ун-т»; под ред. А.А. Волчека [и др.]. – Брест, 2014. – Ч.III. – 296 с.

**ISBN 978-985-493-286-6**

**ISBN 978-985-493-289-7**

В сборнике представлены статьи, подготовленные участниками международной научно-практической конференции «Актуальные научно-технические и экологические проблемы среды обитания», которая состоялась 23-25 апреля 2014 г. на факультете инженерных систем и экологии БрГТУ. Издается в 4-х частях. Часть III.

УДК [502/504+628.1.034]

ISBN 978-985-493-286-6  
ISBN 978-985-493-289-7 (Ч.III)

© Издательство БрГТУ, 2014

# ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ

УДК 556.18:631.6

## ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ БЕЛАРУСИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

**Асадчая М.А., Шмык Е.В.**

Государственное учреждение «Республиканский гидрометеорологический центр», г. Минск, Республика Беларусь, asadchaya\_m@open.by

*The Republican Hydrometeorological center developed and implemented the scheme of operational accounting changes of the hydrographic system in Belarus under the influence of reclamation work, which allows to assess the present state of the system. The most significant changes of the hydrographic system considered by the example of the Western Bug river basin.*

### **Введение**

Характер естественной гидрографической сети Республики Беларусь определяется ее размещением на западе Восточно-Европейской равнины, на водоразделе двух морей: Черного (57 % территории республики) и Балтийского (43 %) [1]. Главный водораздел речных бассейнов Беларуси проходит извилистой линией в направлении с северо-востока на юго-запад, в основном, по возвышенностям Белорусской гряды. К бассейну Черного моря относится речная система р. Днепр с крупными притоками: Припять, Сож, Березина, к бассейну Балтийского моря – система рек Западной Двины, Немана и Западного Буга.

Речная сеть Беларуси хорошо развита и представлена главным образом большим количеством малых рек. В республике около 20,8 тыс. рек общей длиной 90,6 тыс. км. Малых рек длиной менее 10 км – 19,3 тыс., что составляет около 93 % всех рек Беларуси. Рек протяженностью 100-500 км – 41, что составляет всего около 0,2 % общего числа рек, и 6 рек длиной более 500 км с трансграничным переносом: Западная Двина, Неман, Виляя, Днепр, Сож, Припять [1].

Мелиоративные преобразования естественной гидрографической сети на территории современной Беларуси впервые были выполнены еще в 1873-1898 годах. Рост населения и интенсивное развитие сельского хозяйства требовали освоения новых земель. Практически весь XX век проходила широкомасштабная мелиорация всей водосборной территории речных систем Беларуси, пик которой приходится на 1960-1980 годы. За этот период на территории Брестской области в бассейнах рек Западного Буга и Припяти были проведены работы на больших по площади мелиоративных системах: «Волчанская» – площадь осушенных земель составила 21800 га, «Ляховичи» – 15868 га, «Верховье Ясельды» – 15365 га, «Черебасовская» – 13997 га, «Дятловичи» – 12703 га, «Малорита» – 11294 га, «Неслуха» – 11049 га и др. [2].

## **Схема оперативного учета изменений гидрографической сети Беларуси под воздействием мелиоративных работ**

Хозяйственная деятельность и мелиоративные работы, проведенные на территории нашей страны, включали в себя, в частности, регулирование русел рек и превращение их в водоприемники осушительных систем, ввод в эксплуатацию прудов, водохранилищ и систем двустороннего регулирования, переустройство открытой сети каналов на закрытый дренаж, межбассейновые и внутрибассейновые переброски стока. Данные мероприятия внесли существенные изменения в сложившуюся естественную гидрографическую сеть Беларуси.

Изменения, вызванные мелиоративными преобразованиями, касаются всех гидрографических характеристик рек и их бассейнов (меняются местоположения истоков, длина, извилистость, уклоны водной поверхности водотоков, характеристики водосборов, бассейновая принадлежность водных объектов), и все это влияет на формирование стока.

Поэтому в соответствии с Постановлением Кабинета Министров Республики Беларусь № 189 от 21.11.94 г. "О порядке ведения государственного водного кадастра Республики Беларусь" в кадастр поверхностных вод должны быть включены обобщенные сведения об изменении гидрографической сети под влиянием хозяйственной деятельности. Обобщенные материалы позволяют оценить существующее состояние гидрографической сети, планировать и решать практические задачи по рациональному использованию водных ресурсов.

Исходя из необходимости проведения работ по учету изменений гидрографической сети Беларуси между Республиканским гидрометеорологическим центром Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, изучающим водный режим водотоков, и предприятиями по строительству и эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных систем Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, являющихся основными исполнителями водохозяйственного строительства, было достигнуто совместное соглашение о взаимном обмене информацией.

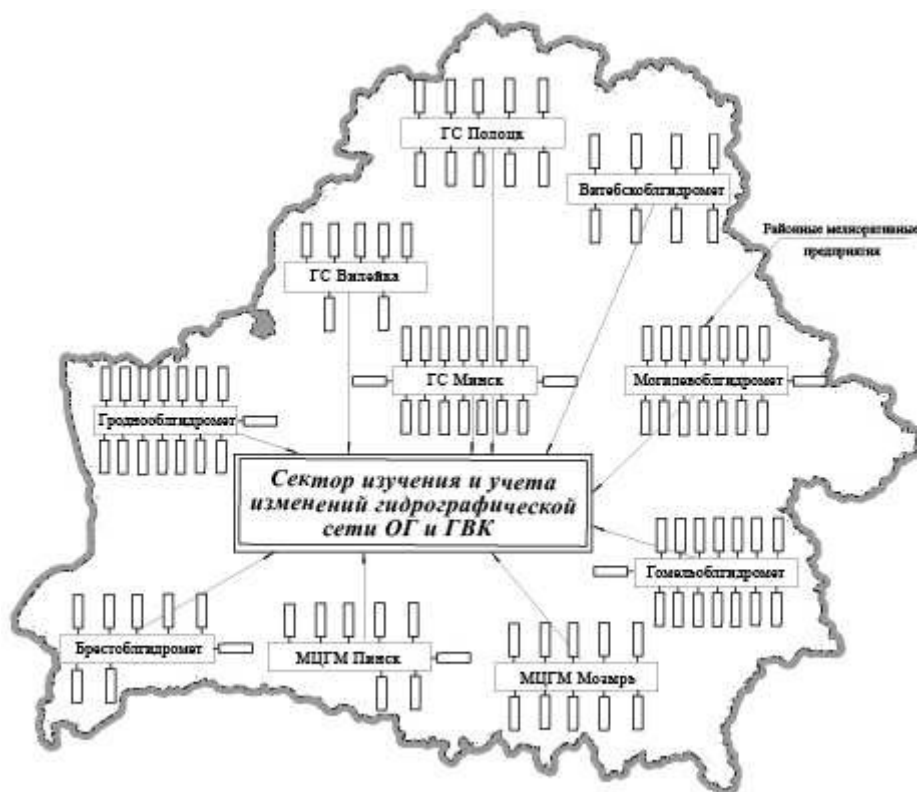
Сведения об изменении сети, содержащиеся в годовых отчетах мелиоративных предприятий, включают информацию только по административным районам. Этой информации недостаточно для учета изменений, происходящих на расчетные створы, в качестве которых приняты:

- устья водотоков длиной 25 км и более;
- устья водотоков, на которых расположены действующие стоковые гидрологические посты;
- устья водотоков, на которых до 01.01.2014 г. действовали стоковые гидрологические посты с периодом наблюдений 5 лет и более;
- створы действующих стоковых гидрологических постов, а также створы закрытых стоковых гидрологических постов с периодом наблюдений 5 лет и более.

На основе достигнутого соглашения Республиканским гидрометеоцентром разработан макет таблиц, которые содержат ежегодные данные по объектам мелиорации, введенным в эксплуатацию за отчетный год: рек и ручьев, которые подверглись мелиоративному воздействию (спрямление, углубление и т.д.); магистральных и проводящих каналов длиной 5 км и более, построенных

и реконструируемых; осушенных земель; прудов и водохранилищ. Важным и необходимым условием выполнения работы является предоставление схем расположения мелиоративных объектов. Исходными данными для заполнения таблиц являются акты приема в эксплуатацию объектов мелиорации, а также материалы, включенные в годовые отчеты строительно-эксплуатационных и эксплуатационных предприятий мелиоративных и водохозяйственных систем.

Ежегодный сбор и обобщение данных по изменению гидрографической сети по зонам деятельности сетевых гидрологических подразделений, охватывающих в целом всю территорию Беларуси, выполняется по схеме, представленной на рисунке 1.



**Рисунок 1** – Схема оперативного учета

Между 10 гидрологическими сетевыми подразделениями Управления по гидрометеорологии распределены 112 районных мелиоративных предприятий, территория обслуживания которых попадает в зону деятельности того или иного гидрологического подразделения. Ежегодно мелиоративные предприятия до 1 июля представляют гидрологическим подразделениям сведения о выполненных ими работах за отчетный год по установленным формам. Ответственные исполнители сетевых подразделений обрабатывают этот материал по речным бассейнам в пределах своей зоны деятельности на расчетные створы и направляют его в сектор изучения и учета изменений гидрографической сети отдела гидрологии и государственного водного кадастра. Специалисты сектора анализируют материалы, увязывают данные между зонами деятельности станций и обобщают их по шести основным речным бассейнам и в целом по Беларуси. Сведения, получаемые от районных мелиоративных предприятий, корректируются по топографическим картам.

Созданная в Беларуси единая система оперативного учета изменений гидрографической сети под воздействием мелиоративных работ позволяет

следить за всеми изменениями гидрографической сети республики и своевременно отражать их в Справочниках государственного водного кадастра.

Итоговым обобщением работ, проведенных сектором по учету изменений гидрографической сети Беларуси в связи с проведенной мелиорацией земель за многолетний период, является справочник «Изменение гидрографической сети Беларуси под воздействием мелиоративных работ» (Справочник) рисунок 2, [3–5].



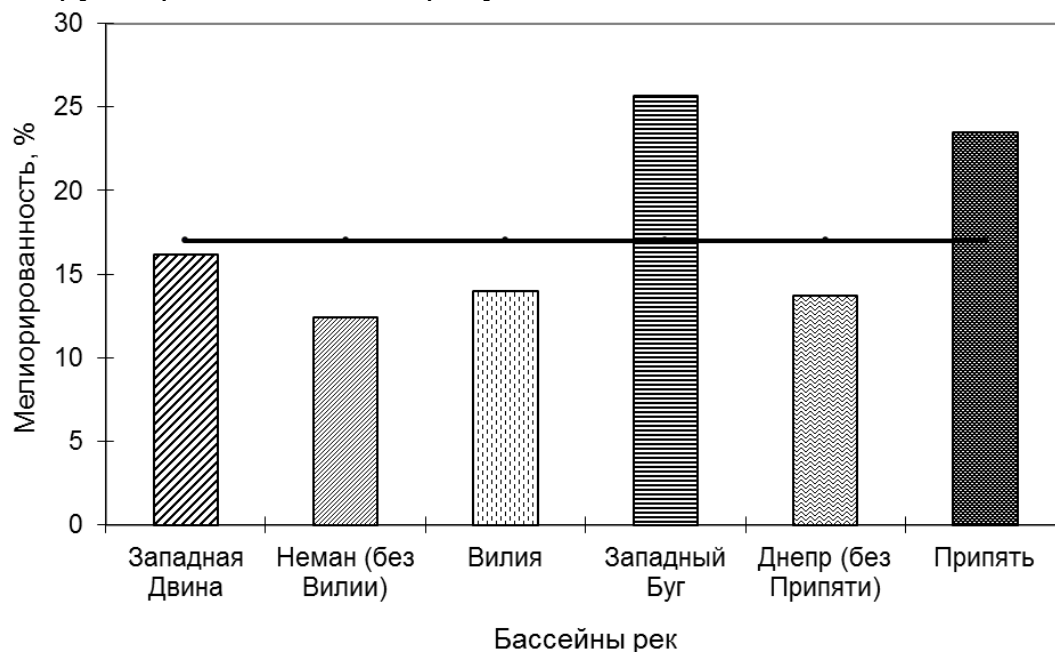
**Рисунок 2 – Справочник «Изменение гидрографической сети Беларуси под воздействием мелиоративных работ»**

В нем учтены, дополнены и откорректированы сведения, опубликованные в справочниках «Изменение гидрографической сети Беларуси под воздействием мелиоративных работ» до 1997 г., приведены новые сведения за 1997–2006 гг. Справочник составлен по формам, принятым для составления справочников 1986 г. и 1999 г. изданий, и подготовлен в виде трех частей, каждая из которых представляет собой отдельную книгу. Сведения в пределах каждой части Справочника приведены по основным речным бассейнам Беларуси, к которым отнесены бассейны рек: Западной Двины, Немана, Вилии, Западного Буга, Днепра и Припяти. Табличные материалы при необходимости дополнены пояснениями, рисунками и схемами.

### **Мелиоративные работы в бассейне Западного Буга**

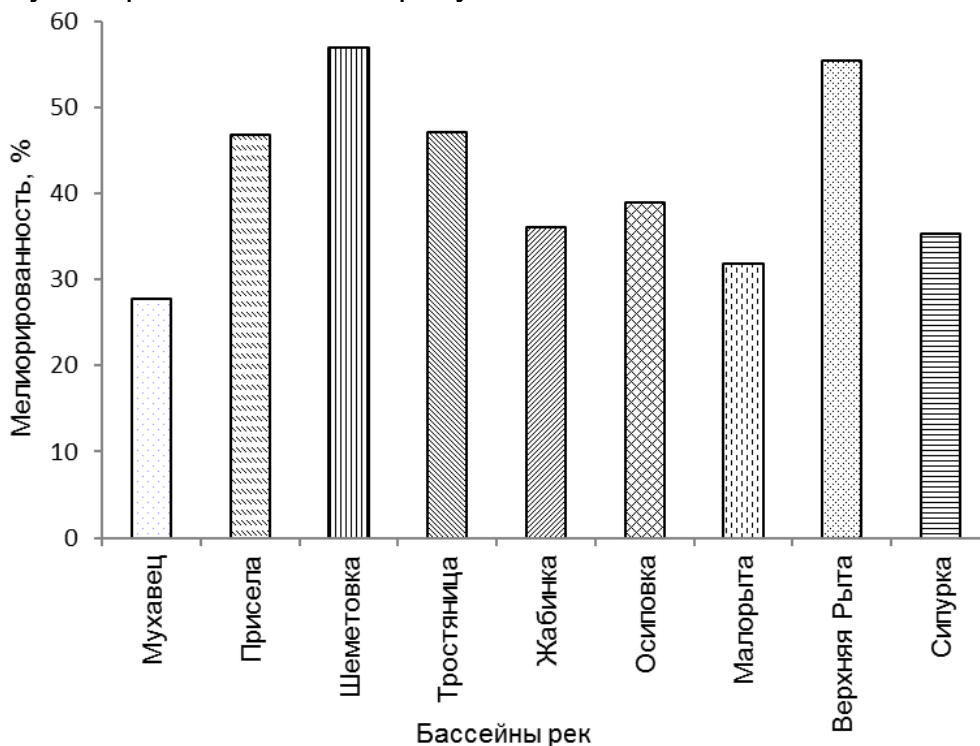
По состоянию на 01.01.2013 г. общая площадь мелиорированных земель Беларуси составляет около 35 тыс. км<sup>2</sup> (17 %), протяженность открытой осушительной сети около 168 тыс. км, закрытой сети – около 831 тыс. км.

Распределение мелиорированных земель по основным речным бассейнам Беларуси представлено на рисунке 3.



**Рисунок 3** – Распределение мелиорированных земель по основным речным бассейнам Беларуси (средняя по республике 17 %)

Максимальная мелиорированность отмечается в бассейнах рек Западного Буга (25,7 %) и Припяти (23,5 %), минимальная – в бассейне Немана (12,4 %). Наибольшая мелиорированность в бассейне Западного Буга приходится на створ кан. Ореховский – устье и составляет 84,7 % от общей площади водосбора. Наиболее значимые осушительные мероприятия в границах водосборов на устья рек показаны на рисунке 4.



**Рисунок 4** – Площади мелиорированных земель на устья рек бассейна Западного Буга, в процентах от площади водосбора

Проведенные в бассейне Западного Буга мелиоративные преобразования внесли существенные изменения в естественную гидрографическую сеть и ее характеристики. В процессе выполнения мелиоративных работ проложена значительная сеть каналов, спрямлена часть естественных водотоков, зачастую изменено местоположение их истоков, устьев, водораздельных линий, построены различные гидротехнические сооружения (водохранилища, пруды, шлюзы и т.д.).

Согласно Справочнику, составленному в Республиканском гидрометеорологическом центре, количество отрегулированных водотоков по бассейну Западного Буга в границах Республики Беларусь составляет 78. К отрегулированным водотокам отнесены реки (ручьи), русла которых спрямлены или углублены по всей длине или на отдельных участках. Общая длина регулирования – 11,2 тыс. км. Количество рек (ручьев), отрегулированных на всем протяжении, и их длина приведены в таблице 1.

**Таблица 1** – Количество рек (ручьев), отрегулированных на всем протяжении, и их длина по бассейну Западного Буга [3]

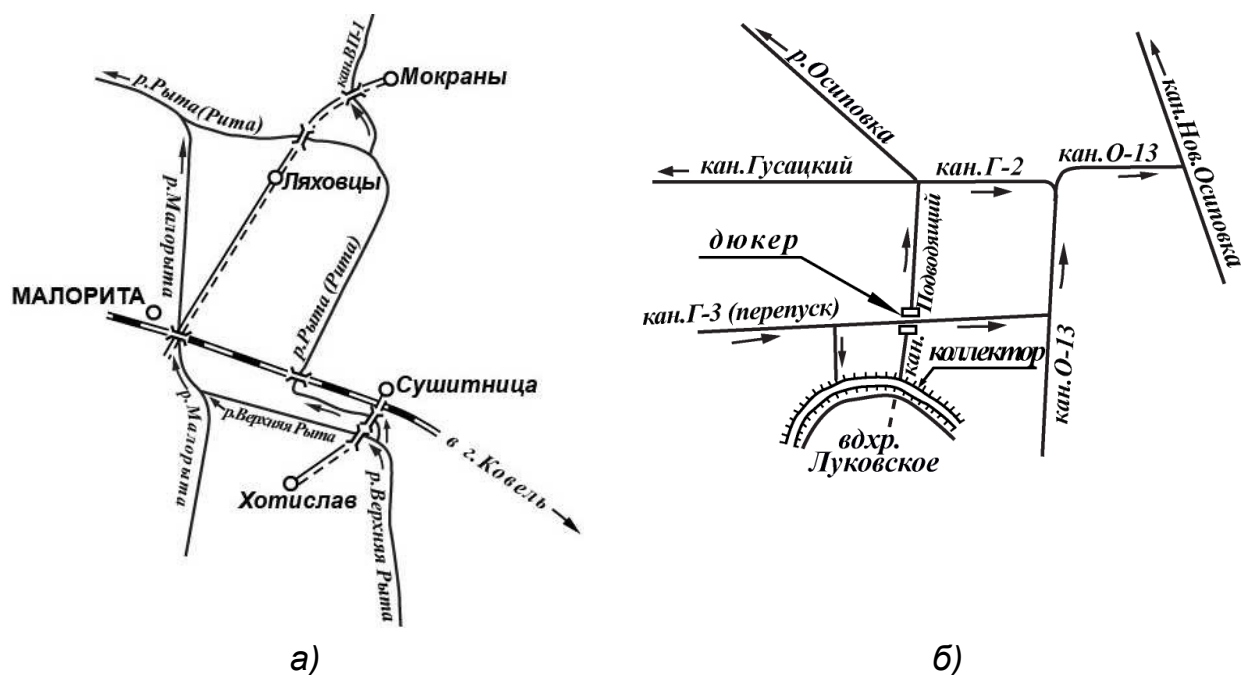
Длина, км							
5,0-10,0		10,1-20,0		20,1-30,0		более 30,0	
количество	общая длина	количество	общая длина	количество	общая длина	количество	общая длина
26	182,3	20	283,1	6	143,1	5	268,7

Всего в бассейне Западного Буга от истока до устья отрегулировано 57 рек, общей длиной 877,2 км. Даже такие крупные реки, как Мухавец (112,6 км), Рыта (58,5 км), Лесная Левая (51,1 км), Осиповка (40,2 км), Тростяница (34,3 км) отрегулированы по всей длине и фактически превращены в каналы. Изменения длин рек в результате проведенных в границах водосборов мелиоративных работ дифференцированы. Для большинства рек в результате спрямления русел длина уменьшается. К таким водотокам относится Мухавец, Лесная Левая, Сипурка, Белая, Точница и др.

Существенное влияние оказала мелиорация на истоки рек. Начинается мелиоративным каналом – такая характеристика местоположения истока в настоящее время является типичной для рек, в той или иной степени затронутых мелиорацией. А ведь часть рек бассейна Западного Буга до проведения осушительных работ начиналась в болотах. Например, река Малорыта вытекала из Ореховского болота, река Спановка – из болота Мыслятино, река Млынок – из болота Мыслин, Точница – из Чапелевского, река Шеметовка – из Мазурского болота и терялась в болоте Ель и т.д.

Мелиоративные работы привели на ряде рек к зарегулированности стока. Например, после мелиоративного переустройства, проведенного в бассейне р. Рыты, верхняя часть ее направлена в р. Малорыту, но при необходимости часть стока может направляться и в р. Рыту (рисунок 5). При этом в 2 км выше а. д. д. Ляховцы-д. Мокраны по кан. ВП-1 часть стока р. Рыты направляется в вдхр. Луковское. Мелиоративные преобразования коснулись и р. Осиповки, которая теперь начинается из кан. Подводящего. Вода подается из вдхр. Луковского через коллектор в теле дамбы. Кан. Подводящий проходит дюкером через кан. Г-3 и распределяет воду по потребности между р. Осиповкой, кан. Гуцаким и кан. Г-2 (см. рисунок 5).





**Рисунок 5** – Зарегулированность стока в бассейнах рек а) Рыты, б) Осиповки [3]

В настоящий момент протяженность открытой осушительной сети в бассейне реки Западного Буга составляет более 12,5 тыс. км.

Общее количество каналов длиной более пяти километров 244, протяженность которых составляет 1908,2 км. Количество каналов и их длина по бассейну представлена в таблице 2.

**Таблица 2** – Количество каналов и их длина по бассейну Западного Буга [4]

Длина, км							
5,0-10,0		10,1-20,0		20,1-30,0		более 30,0	
количество	общая длина	количество	общая длина	количество	общая длина	количество	общая длина
201	1194,6	33	434,4	7	162,2	3	117,0

В бассейне реки Западный Буг построено 110 искусственных водоемов: 11 водохранилищ и 99 прудов. Суммарная площадь зеркала водохранилищ составляет 18,3 км<sup>2</sup>, суммарный полный объем воды – 65,26 млн. м<sup>3</sup>.

Распределение прудов по площади зеркала помещено в таблице 3.

**Таблица 3** – Распределение прудов по количеству и площади зеркала по бассейну Западного Буга [5]

Площадь зеркала, га							
10,0-20,0		20,1-30,0		30,1-40,0		более 40,0	
количество	общая длина	количество	общая длина	количество	общая длина	количество	общая длина
87	442,9	10	250,4	1	33,0	1	60,0

Суммарная площадь зеркала прудов составляет 786,3 га, суммарный полный объем воды – 14156,9 тыс. м<sup>3</sup>.

Распределение прудов бассейна Западного Буга по объему помещено в таблице 4.

**Таблица 4 – Распределение прудов по количеству и полному объему по бассейну Западного Буга [5]**

Объем, тыс. м <sup>3</sup>							
50,0-100,0		100,1-200,0		200,1-300,0		более 300,0	
коли- чество	общая длина	коли- чество	общая длина	коли- чество	общая длина	коли- чество	общая длина
62	1682,6	97	14455,2	69	17463,1	135	72786,8

Одним из последствий масштабных осушений болот и мелиоративного переустройства естественной гидрографической сети в бассейне Западного Буга является невыраженность водораздельной линии на ряде створов действующих постов. Поэтому в Ежегодных данных о режиме и ресурсах поверхностных вод помещены приближенные значения площадей водосборов на створы: р. Копаювка – Черск, р. Рыта – Малые Радваничи, р. Малорита – Малорита, р. Лесная – Каменец, р. Лесная – Тюхиничи, р. Пульва – Высокое, р. Нарев – Немержа.

На действующих гидрологических постах: р. Копаювка – Черск, кан. Ореховский – Меленково, р. Рыта – Малые Радваничи, р. Малорита – Малорита и р. Лесная – Тюхиничи уровень воды периодически искажается влиянием шлюзов регуляторов расположенных выше и ниже поста, а также насосных станций. На гидрологическом посту р. Копаювка – Черск на режим стока периодически оказывают влияние заборы и сбросы с мелиоративных систем [6].

### **Заключение**

Обобщенные материалы по изменению гидрографической сети позволяют оценить существующее состояние сети, используются в практической работе Республиканского гидрометеоцентра и водохозяйственных организаций республики.

Гидрографическая сеть Республики Беларусь претерпевает изменения и в настоящее время. В основном реконструируются и модернизируются технически устаревшие и выработавшие срок эксплуатации мелиоративные системы. Поэтому вопрос оперативного учета изменений гидрографической сети Беларуси под воздействием мелиоративных работ остается актуальным.

### **Список литературы**

1. Гидрологический мониторинг Республики Беларусь / Под общей ред. А.И. Полищука, Г.С. Чекана. – Минск: Книгосбор, 2009. – 268 с.
2. Изменение гидрографической сети Белоруссии под воздействием мелиоративных работ: справочник / Белорусское республиканское управление по гидрометеорологии и контролю природной среды под ред. С.Ф. Бычука – Минск: Ураджай, 1986.
3. Изменение гидрографической сети Беларуси под воздействием мелиоративных работ: справочник: в 3 ч. – Ч. 1: Сведения об отрегулированных реках по основным речным бассейнам Беларуси / ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр» под ред. Е.В. Шмык. – Минск, 2008. – 224 с.
4. Изменение гидрографической сети Беларуси под воздействием мелиоративных работ: справочник: в 3 ч. – Ч.2: Сведения о мелиоративных каналах по основным речным бассейнам Беларуси / ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр» под ред. Е.В. Шмык. – Минск, 2008. – 224 с.

5. Изменение гидрографической сети Беларуси под воздействием мелиоративных работ: справочник: в 3 ч. – Ч. 3: Сведения о водохранилищах, прудах и рыбхозах Беларуси / ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр» под ред. Е.В. Шмык. – Минск, 2008. – 161 с.

6. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. — Минск, 2013. – Том 3. – 393 с.

УДК 556.5

## **ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ ГОРЫНЬ**

**Бедункова О.А., Клименко А.Н.**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина, bedunkovaolga@mail.ru

*Based on the hydrochemical characteristics of surface water quality, given the ecological and toxicological characteristics of the middle of the river Horyn. Defining indicators revealed the formation of water quality class. Assessed levels of toxic contamination. The results of evaluations showed constant presence in the surface waters of the toxic effect of substances*

### **Введение**

В определенной степени токсичность всегда была присуща природным водам, являясь частью эволюционной истории гидросферы. Как биокостные системы разных уровней организации, поверхностные воды имеют свои геохимические классы, аналогичные классам почв, илов, кор выветривания и водоносных горизонтов [1]. Кроме того, существуют токсичные виды гидробионтов, которые выделяют в воду различные метаболиты и продукты распада; в результате сложных биохимических процессов в донных отложениях в местах скопления гниющей и разлагающейся биомассы образуются такие ядовитые вещества, как сероводород, аммиак, фенолы, полипептиды и другие [2]. Прямое антропогенное загрязнение и сток с суши приносят в поверхностные воды значительные объемы таких консервативных загрязнителей, как тяжелые металлы, пестициды и синтетические поверхностно-активные вещества [3]. Таким образом, в настоящее время токсиканты обнаруживаются в водной среде практически повсеместно, в связи с чем эколого-токсикологический аспект оценки качества воды представляется особенно существенным.

### **Основная часть**

Как правило, эколого-токсикологические характеристики водных объектов оценивают по блоку специфических показателей. При этом, уровни токсического загрязнения определяют по кратности превышения предельно-допустимых концентраций веществ для категории водопользования или относительно кларковых (фоновых) концентраций элементов. Учитывая, что токсикологические характеристики водной среды являются частью комплексной экологической классификации качества поверхностных вод, их также неразрывно рассматривают на фоне минерального, ионного состава воды и трофо-сапробных оценок. С по-

мощью такого подхода выясняется количественный состав загрязнения. Однако одновременное присутствие множества веществ даже в концентрациях, не превышающих их ПДК, может порождать биологические эффекты, и тогда становится необходимой оценка качественного загрязнения (биотестирование) [4]. Каждый из подходов не заменяет и не исключает другого, оба направлены на предотвращение и контроль загрязнения поверхностных вод. Однако в нормативных методиках эти подходы никак между собой не увязаны, что определяет авторитет подхода в оценках вод именно относительно ПДК.

Однако существует мнение про «унифицированность» значений ПДК, которые не учитывают индивидуальные гео- и гидрохимические особенности водоемов (речь идет о фоновых концентрациях веществ) и тем самым могут быть причиной необъективных результатов оценок. Альтернативой здесь выступает использование оптимальных и допустимых экологических нормативов качества поверхностных вод для отдельных регионов или проведения гидроэкологического районирования бассейнов водоемов, учитывая особенности формирования их гидрохимического режима [5].

Подобные разработки, несмотря на свою актуальность, крайне малочисленны, поскольку нуждаются в тщательной проработке многолетних данных гидролого-гидрохимических наблюдений, и не нормированы соответствующими руководящими документами. Это в определенной степени отражается на результатах современных оценок качества поверхностных вод, которые проводят исключительно по гидрохимическим параметрам, опираясь на общепринятые ПДК [6].

Целью нашей работы была качественная характеристика эколого-токсикологических показателей реки Горынь на фоне общей экологической оценки для выяснения необходимости токсикологического контроля качества ее поверхностных вод.

Река Горынь берет начало из источника, выходит на дневную поверхность в с. Волица (Тернопольская обл.) на высоте 345 м над уровнем моря. Течет она с юго-запада на северо-восток и впадает в Припять. Площадь водосбора Горынь составляет 27700 км<sup>2</sup>. Длина реки – 659 км. Климат бассейна умеренно континентальный. Наиболее распространенными типами почв в бассейне реки являются дерново-подзолистые, подзолистые, дерново-оглеенные и болотные почвы.

За последние 60 лет произошли заметные изменения солевого состава и качества речных вод Полесья из-за территориальных трансформаций, русловых трансформаций, мелиоративного и гидротехнического строительства. В последние годы наблюдается тенденция к росту водопользования поверхностными водами бассейна реки.

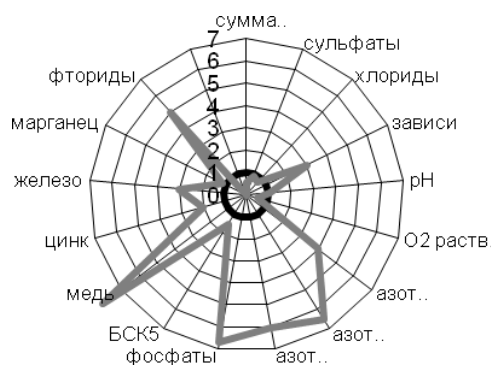
На гидрохимический режим р. Горынь существенно влияют подземные и карстовые воды мергельного слоя. По ионному составу река относится к гидрокарбонатным водам группы кальция: сумма ионов в среднем по реке 441–536 мг/дм<sup>3</sup>. В целом, по критериям минерализации поверхностные воды Горынь отнесены к 3 категории; воды пресные, гипогалинные и олигогалинные [7].

В формировании класса качества воды реки Горынь преимущественное значение имеет блок трофо-сапробиологических показателей, среди которых худшими значениями отмечаются взвешенные вещества (что является нормальным при значительных скоростях течения в крупных водотоках), а также азот аммонийный и нитратный, что свидетельствует уже об антропогенном прессинге на бассейн реки.

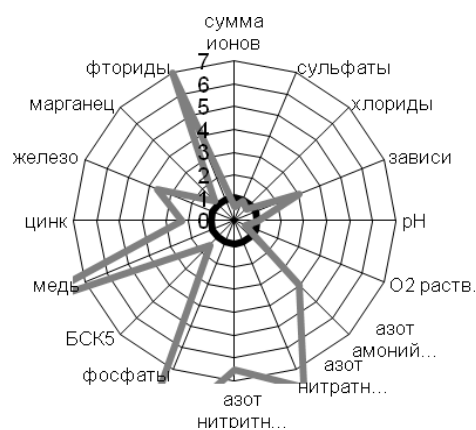
Проведенный нами анализ качества воды в существующих створах (контрольных пунктах наблюдений от истока до устья) на реке Горынь показал, что вода в истоке реки по своим показателям отнесена к 3 классу качества, под влиянием процессов разбавления и самоочищения уже через 40 км переходит во 2 класс. Далее по течению, начиная со створа вблизи г. Ямполь до створа вблизи пгт Гоща, вода отнесена к 3 классу. На участке реки, ниже сброса очистных сооружений «Ривнеазот» и впадения р. Замчиско, за счет сбросов воды из очистных сооружений и впадения приток Устья, Стубелка, Жильжанка, вода р. Горынь на этом участке соответствует 3–4 классу качества и далее по всей длине реки до пределов границы с Белоруссией относится ко 2 классу.

На диаграмме, представленной на рисунке 1, изображены результаты общей экологической оценки качества поверхностных вод р. Горынь в створе, который испытывает наибольшую антропогенную нагрузку, по методике установления индекса загрязнения воды [8].

Так, индекс загрязнения воды (ИЗВ), установленный для средних значений гидрохимических показателей имеет значение 3,36; для максимальных показателей – 3,87. Это позволяет отнести поверхностные воды реки в створе ниже сбросов с о/с ПАО «Ривнеазот» к IV классу качества, что характеризует их как загрязненные.



по средним значениям показателей  
ИЗВ=3,36



по максимальным значениям  
показателей  
ИЗВ=3,87

**Рисунок 1**– Диаграмма гидрохимических показателей поверхностных вод р. Горынь (ниже с. Рубче, 0,8 км ниже сбросов с о/с ПАО «Ривнеазот»):  
1...7 – кратность превышения ПДК

Данные диаграммы наглядно иллюстрируют, что на формирование качества поверхностных вод р. Горынь, в первую очередь, влияют показатели трофо-сапробиологического блока, а именно вещества азотной группы, а также фосфаты и взвеси. Обращает на себя внимание и факт значительных превышений предельно-допустимых концентраций показателей специфического блока. Так, присутствие меди в поверхностных водах данного створа р. Горынь превышает ПДК в 7 раз по средним значениям показателей и в 8,2 раза по максимальным значениям показателей. Содержание цинка в воде оказалось выше ПДК в 1,5 и 2 раза, соответственно по средним и максимальным значениям показателей. Содержание фторидов имеет кратность превышения ПДК в 4 раза по средним и в 6 раз по максимальным значениям показателей.

Для проведения анализа эколого-токсикологических характеристик мы воспользовались двумя методиками оценки качества поверхностных вод по их гидрохимическим параметрам, которые позволяют получить представление как об общем экологическом состоянии воды, так и оценить исключительно ее токсические свойства.

Для качественной эколого-токсикологической характеристики мы воспользовались методикой Л.П. Брагинского, который в соответствии с традиционными принципами гидробиологической классификации выделяет уровни токсического загрязнения (УТЗ) как водных экосистем, так и поверхностных вод в частности [6]. Принцип оценки содержания токсикантов в воде, к которым методика относит отдельно фториды и все тяжелые металлы, кроме меди, заключается в суммации концентраций, нормированных на ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения.

Оценка проводилась по данным гидрохимического анализа р. Горынь за 2009–2013 гг. для створов, расположенных в центральной части реки, которые являются наиболее показательными с позиций влияния на формирование качества поверхностных вод реки в целом: створ №1 – ниже пгт Гоща, створ №2 – ниже с. Рубче, створ №3 – ниже пгт Оржев. Результаты проведенной оценки представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Уровни токсичности поверхностных вод р. Горынь**

Пункты наблюдений	Медь	Тяжелые металлы	Фториды
2009 г.			
1	гипертоксичность	гипертоксичность	политоксичность
2	мезотоксичность ( $\beta$ )	политоксичность	политоксичность
3	-	-	политоксичность
2010 г.			
1	гипертоксичность	политоксичность	мезотоксичность ( $\beta$ )
2	гипертоксичность	гипертоксичность	политоксичность
3	гипертоксичность	гипертоксичность	мезотоксичность ( $\beta$ )
2011 г.			
1	гипертоксичность	политоксичность	мезотоксичность ( $\beta$ )
2	гипертоксичность	гипертоксичность	политоксичность
3	политоксичность	политоксичность	-
2012 г.			
1	-	-	-
2	гипертоксичность	политоксичность	политоксичность
3	-	политоксичность	-
2013 г.			
1	-	-	-
2	гипертоксичность	гипертоксичность	политоксичность
3	-	политоксичность	-

Данные таблицы 1 свидетельствуют о преимущественно поли- и гипертоксичности поверхностных вод реки в ее центральной части. Эта тенденция характерна в первую очередь для содержания в воде меди и тяжелых металлов. По содержанию фторидов токсичность воды за последние годы можно охарактеризовать как мезотоксичность ( $\beta$ ) и политоксичность.

Необходимо отметить, что природный химический состав материнских пород реки практически не содержит химических элементов группы тяжелых металлов, которые могли бы являться источником их поступления в поверхностные воды [7]. Следовательно, их присутствие связано с антропогенными факторами на территории бассейна.

Отсутствие некоторых результатов оценки в 2012 и 2013 годах объясняется сокращением программы государственного мониторинга как по количеству контрольных пунктов (створов), так и по перечню показателей.

Следующим этапом нашей работы была оценка набора показателей блока специфических веществ токсического и радиационного действия, которая проводилась согласно нормативной методики [10] и позволила установить коэффициент загрязнения (КЗ) поверхностных вод в центральной части р. Горынь (таблица 2).

**Таблица 2 – Коэффициент загрязнения поверхностных вод р. Горынь по блоку специфических веществ токсического действия**

Год	2009	2010	2011	2012	2013
КЗ	3,41/3,36	5,62/5,5	4,88/4,83	4,9/4,9	4,67/4,68
характеристика	умеренно загрязненная/ умеренно загрязненная	грязная/ грязная	умеренно загрязненная/ умеренно загрязненная	умеренно загрязненная/ умеренно загрязненная	умеренно загрязненная/ умеренно загрязненная

Так, согласно данной методике, на протяжении последних пяти лет вода в данной части реки по содержанию в ней веществ специфического блока характеризовалась как «умеренно загрязненная» по средним и максимальным значениям показателей. Исключение составил 2010 год, когда КЗ характеризовал воду как «грязная».

### **Заключение**

Сопоставление результатов проведенных оценок выявляет определенные различия в характере и уровнях токсичности поверхностных вод реки. В частности, загрязненность воды блоком специфических веществ токсического действия преимущественно характеризуется как «умеренно загрязненная», притом что уровни токсичности в той же части реки оцениваются в пределах «мезотоксичность – гипертоксичность». В то же время общая экологическая оценка свидетельствует о превалировании несоответствий нормам трофо-сапробиологического блока, показатели которого являются решающими в формировании класса качества воды р. Горынь.

Уровни токсичности свидетельствуют о неизменном присутствии в поверхностных водах реки веществ токсического действия в концентрациях, значительно превышающих их нормативные значения. При этом программа государственного мониторинга специфических веществ токсического действия значительно сокращается, что может негативно сказаться на определении основных направлений водоохраной деятельности в бассейне реки.

Совершенно очевидно, что проведение эколого-токсикологических оценок – задание достаточно сложное. Сравнив результаты наших оценок, можно сделать вывод о некоей необъективности значений ПДК при выявлении эколого-токсикологических характеристик. Однозначно, при таких исследованиях необходимо опираться на экологические нормативы качества поверхностных вод с учетом местных геохимических параметров. Кроме того, подобные оценки

требуют одновременного учета различных свойств поверхностных вод, которые отражают особенности их абиотической и биотической составляющей. Учитывая постоянно нарастающий антропогенный пресс на водные объекты, последняя составляющая может быть использована в качестве интегрального и, возможно, приоритетного показателя эколого-токсикологических характеристик поверхностных вод.

### **Список литературы**

1. Перельман, А.И. Геохимия: учеб. пособие для геолог. спец. ун-тов / А.И. Перельман. – М.: Высш. Школа, 1979. – 423 с.
2. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О.П. Оксуюк, В.Н. Жукинский [и др.] // Гидробиологический журнал, 1993. – Т. 29, вып. 4. – С. 62–76.
3. Филенко, О.Ф. Основы водной токсикологии / О.Ф. Филенко, И.В. Михеева. – М.: Колос, 2007. – 144 с.
4. Теоретичні передумови (Загальні концепції токсикологічної гідроекології) / Л.П. Брагинський // Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень: теорія, методика, практика використання / За ред. Олексіва І.Т., Л.П. Брагинського – Львів: Світ, 1995. – С. 7–40.
5. Мельник, В.Й. До методики визначення екологічних нормативів якості річкових вод (на прикладі рік Рівненської області) / В.Й. Мельник // Український географічний журнал. – 2001. – №1 (33). – С. 37–45.
6. Шитиков, В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
7. Мельник, В.Й. Екологічна оцінка сучасного стану якості річкових вод Рівненської області / В.Й. Мельник // Український географічний журнал – 2000. – №4 (32). – С. 44–52.
8. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод: утв. Госкомгидрометом СССР 22.09.1986 г. № 250–1163. – М., 1986. – 5 с.
9. Брагинский, Л.П. Некоторые принципы классификации пресноводных экосистем по уровням токсической загрязненности / Л.П. Брагинский // Гидробиол. журн. – 1985. – Т. 21. – № 6. – С. 65–74.
10. Организация и осуществление наблюдений за загрязнением поверхностных вод: КНД 211.1.1.106–2003. – Оф. изд. – Киев, 2003. – 70 с. – (Нормативные директивные правовые документы в системе Минприроды).

УДК 556.16.048

## **ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БАСЕЙНА РЕКИ ЯСЕЛЬДА**

**Водчиц Н.Н., Громик Н.В., Мороз М.Ф., Стельмашук С.С.**

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь [vig\\_bstu@tut.by](mailto:vig_bstu@tut.by)

*In article the estimation of the natural characteristics of the basin of the river Yaselda, which are necessary for renovation of the existing in the river basin drainage systems and complexes.*



## **Введение**

В результате комплекса мелиоративных мероприятий, проведенных в водосборе р. Ясельда, созданы ряд крупных мелиоративных комплексов и систем, построены водохранилища, пруды и рыбхозы. В настоящее время большинство мелиоративных систем и комплексов требуют реконструкции, для чего необходима оценка природных характеристик бассейнов р. Ясельда.

## **Оценка физико-географических и климатических условий**

Бассейн р. Ясельда представляет собой платообразную водно-ледниковую равнину, начинающуюся узким клином северо-восточнее Пинска и постоянно расширяющуюся к северо-западу, заканчивающуюся между городами Береза и Пружаны. Вытянутость в субширотном направлении достигает 85 км, ширина с севера на юг от 15 до 35 км. Высота над уровнем моря до 178 м (в северной части, у д. Кротово), относительные превышения над прилегающей равниной на севере достигают до 20–30 м.

Поверхность северной части холмисто-грядовая, пересеченная с преобладающими высотами 150–160 м. Вдоль правобережья р. Ясельда протянулась ассиметричная конечно-моренная гряда с отторженцами до антропогенных пород в ледниковых отложениях и гляциодислокациями на северных склонах. В центре и на востоке выделяются отдельные гряды и холмы с относительными превышениями от 5 до 15 м над уровнем окружающих торфяников. В пределах водно-ледниковой равнины на юге (выс. до 155 м) встречаются участки вторичной моренной равнины. Мелкохолмистая поверхность на севере (относительные превышения до 5 м) постепенно переходит пологоволнистую, а затем в плоскую на юге. Распространены плоскодонные заболоченные ложбины. Вдоль южной окраины равнины Загородье выделяются эоловые формы в виде дюн, холмов и гряд площадью от 0,01 до 3 га и более. Эти беспорядочно рассеянные холмы, то вытянутой, то округлой формы, возвышаются над окружающими их заболоченными низинами на 10–12 м. Низины между холмами в большинстве своем замкнуты. Территория бассейна представляет собой плоскую, сильно заболоченную низину с широкими долинами и остаточными озерами. Речные террасы и котловины в значительной мере заторфованы, а повышенные участки водораздельных равнин сухие. Разница в высотах между этими элементами рельефа редко достигает 1 м. Равнинность рельефа подчеркивают обширные и плоские открытые болота «Галы» и песчаные равнины.

Бассейн р. Ясельда характеризуется умеренно-влажным климатом с мягкой короткой зимой и умеренно-теплым продолжительным летом. Среднегодовая температура воздуха за многолетний период составляет от 6.5 до 7.0 градусов выше нуля.

Самым теплым месяцем в году является июль, среднемесячная температура которого колеблется на территории в пределах 18–18,5°. Самым холодным месяцем является январь с температурой в пределах от -5,0 до -5,5°.

Наиболее раннее начало зимы – первая декада ноября. Обычно начало зимы характеризуется неустойчивой погодой, наступает так называемый период предзимья. Этот период длится около месяца и характеризуется частыми возвратами тепла, частой сменой морозных дней на оттепельные, кратковременное образование снежного покрова. С переходом средней суточной температуры через -5° начинается устойчивая зима с образованием снежного покрова. В

среднем она наступает в третьей декаде декабря. Наиболее раннее начало зимы отмечалось во второй половине ноября, наиболее позднее – в первой половине февраля.

Абсолютный минимум температуры воздуха равен  $-38^{\circ}$ , абсолютный максимум достигает  $36^{\circ}$ .

Средняя продолжительность периода с устойчивым снежным покровом составляет 70–80 дней в северо-восточной части и 45–50 дней в юго-западных районах.

Для территории бассейна характерны частые и длительные оттепели.

В отдельные теплые зимы устойчивый снежный покров может не устанавливаться. Вероятность зим без устойчивого снежного покрова составляет 10–35%. Высота снежного покрова в течение зимы незначительная. В конце декабря высота снежного покрова всего 3–5 см. Десятисантиметровой высоты снежный покров достигает в феврале. Средняя высота составляет 15–20 см.

Распределение снежного покрова на полях может быть очень неравномерным. При средней высоте в 10 см около 20% площади покрыто снежным покровом высотой менее 6 см.

В начале второй декады декабря начинается устойчивое промерзание почвы.

К концу декабря почва промерзает на глубину 5–10 см. В марте средняя глубина промерзания достигает 35–45 см. Наибольшая глубина промерзания составляет 95 см.

В переходные сезоны (весной и осенью) наблюдаются заморозки различной интенсивности. Средняя продолжительность безморозного периода в воздухе равна –155–160 дней, а на поверхности почвы – 130–135 дней.

Интенсивность снеготаяния определяется главным образом температурой воздуха.

На рассматриваемой территории в среднем за год выпадает 555–595 мм осадков.

По характеру выпадения делятся на *отложные* (состоят из капель или снежинок средней величины, выпадают обычно продолжительно и на большой площади), *ливневые* (состоят из крупных капель или хлопьев снега, выпадение непродолжительное с внезапным началом и окончанием, изменчивой интенсивностью), *морозящие* (состоят из мельчайших капель, снежинок или ледяных игл, интенсивность выпадения исключительно малая). В осенне-зимний период преобладают отложные и морозящие осадки, в летний – ливневые. На летний период приходится 2/3 всех осадков. Из общего годового количества осадков на дождь приходится 70–80 %, на снег 9–16 %, остальные смешанные. Наибольшее количество осадков приходится на июнь-июль месяцы, наименьшее на январь и февраль. Суточное количество осадков в отдельные годы может достигать 70–80 мм.

Ветровой режим во многом определяется неравномерным распределением по поверхности атмосферного давления. В течение года преобладающими являются ветры западного направления. В теплый период господствуют северо-западные ветры, в холодный период – юго-западные и западные. Среднегодовые скорости ветра на открытых участках около 4 м/с, в котловинах – 3 м/с. Скорости ветра возрастают в холодный период. В году бывает 5–10 суток, в кото-

рые на открытых участках наблюдается усиление скорости ветра до 15 м/с и более, раз в 5 лет скорости ветра могут достигать 20–22 м/с. Изредка отмечаются бури и смерчи.

Средняя многолетняя суммарного испарения с поверхности речного бассейна водохранилища «Селец» составляет 550 мм, а испарение с водной поверхности за безледоставный период в среднем равно 580–593 мм. Наибольший объем испарения составляет 20 % от среднегодового с поверхности почвы и приходится на июль месяц, а с водной поверхности от суммы за безледоставный период 22 % приходится так же на июль месяц.

### **Оценка гидрографических и гидрологических условий**

Река Ясельда берёт начало в 3 км к северу от д. Клепачи в Пружанском районе Брестской области в болотном массиве «Болото Дикое». Протекает по Пружанскому, Березовскому, Дрогичинскому и Пинскому районам, через озера Мотольское и Сморовское, являясь левым притоком р. Припять, в которую впадает на 489 км от её устья у д. Качановичи. Общая длина в естественном состоянии 250 км, после спрямления на отдельных участках – около 225 км. Основные притоки: правые – канал Винец (пл. 428 км<sup>2</sup>), канал Меречанский (пл. 277 км<sup>2</sup>); левые – р. Темра (пл. 153 км<sup>2</sup>), Хотава (пл. 188 км<sup>2</sup>) и р. Жигулянка (пл. 645 км<sup>2</sup>). Общая площадь водосбора составляет 5680 км<sup>2</sup>, общее падение от истока к устью около 31 м, средний уклон водной поверхности 0,14‰, средневзвешенный – 0,12‰.

Река Жигулянка (в нижнем течении называется Дорогобуж) протекает по территории Березовского и Ивацевичского районов через оз. Черное, имеет длину 44 км. Долина и пойма не выражены. Русло канализировано.

Река Темра протекает по территории Пружанского района через Ружанскую пущу. Начало берет около хутора Либермоль. Русло канализировано и имеет длину 20 км.

Канал Винец является магистральным мелиоративным каналом, протекающим по территории Пружанского и Березовского районов. Начинается около дороги между деревнями Россохи и Долгое Пружанского района, имеет длину 52 км, действует с 1905 года.

Меречанский канал начинается около д. Выжловичи Пинского р-на и имеет длину 25 км.

Значительную часть гидрографической сети составляют осушительные каналы и канавы. Густота речной сети на створ ниже р. Жигулянки с учетом осушительной сети составляет 0,39 км/км<sup>2</sup>, густота речной сети только естественных водотоков – 0,25 км/км<sup>2</sup>.

После осуществления намечаемых мероприятий по мелиорации земель длина русловой сети на водосборе увеличится, и густота её составит не менее 0,50 км/км<sup>2</sup>.

Водосбор расположен на северо-западе Полесья. Водораздел в условиях низкой и заболоченной местности выражен слабо, что возможно приводит к переливу высоких вод в соседние водосборы. Рельеф равнинный, представлен обширными пространствами болот с участками переветянных песков, чередованием речных террас с плоскими моренными образованиями. На повышенных участках территории преобладают песчаные грунты, пониженных – торфяные.

Лесами и болотами занято около 60 % рассматриваемой части водосбора. Наиболее облесены правобережье и нижняя часть водосбора. На остальной территории леса встречаются небольшими пятнами среди болот, значительная часть их заболочена. Сухой лес занимает порядка 27%. Обширные пространства заняты низинными травяными болотами. Общая заболоченность – около 34–36%, в том числе около 7% заболоченного леса. Переходные и частично верховые болота приурочены обычно к районам заболоченных лесных массивов.

По всей территории проведено интенсивное осушение и освоение болот.

Общая озерность составляет около 1%. Наиболее крупные озера: проточные Черное (пл. зеркала 17,3 км<sup>2</sup>) и Споровское (пл. 11,5 км<sup>2</sup>), Белое (пл. 5,1 км<sup>2</sup>). Из искусственных водоемов наиболее значительным является водохранилище «Селец».

Долина реки на большом протяжении неясно выраженная, иногда трапецеидальная, преобладающая ширина 2–4 км, наибольшая 6–8 км (ниже устья кан. Марковичского), у с. Жабер суживается до 0,9 км. Склоны пологие, правый нередко умеренно крутой с наличием террас, рассечены долинами мелких речек и ручьев, преимущественно открытые, сложены песчаными и торфянистыми грунтами. Высота их 2–8 м, у с. Головицкие и Высокая (выше и ниже кан. Винец) – до 12 м.

Пойма двухсторонняя, реке чередующаяся по берегам, преобладающая ширина 0,8–1,2 км, наименьшая 100 м у с. Жабер, наибольшая – 6 км ниже с. Старомлыны. Поверхность поймы ровная, местами бугристая и кочковатая, пересечена осушительными канавами, большей частью открытая, луговая и заболоченная. Грунты торфянистые, частично песчаные. В половодье пойма на большом протяжении затопляется на глубину 0,5–1,0 м.

Русло извилистое, на участке ниже водохранилища до кан. Угрянского канализованное. Зарастает водной растительностью почти на всем протяжении. Местами разветвляется на рукава, образуя низкие, затопляемые и заболоченные острова. Преобладающая ширина реки в меженный период 10–30 м, наибольшая 65 м у с. Жабер. Глубина 0,8–2,0 м, наибольшая 6 м, наименьшая 0,4–0,5 м. Скорости течения 0,1–0,2 м/с<sup>2</sup> на перекатах и отдельных сужениях увеличиваются до 0,4 м/с<sup>2</sup>. Дно ровное, вязкое, илистое, торфянистое и песчано-илистое, реке песчаное. Берега низкие, заболоченные со слабо выраженной бровкой, преимущественно открытые, на спрямленных участках крутые, спланированные, местами закреплены кустарником.

Река используется в качестве водоприемника осушительной сети, а также для водоснабжения населенных пунктов и для целей сельскохозяйственного водоснабжения.

В гидрологическом отношении р. Ясельда изучена удовлетворительно. Систематическое изучение уровенного режима реки было начато в 1925 г., у г. Береза. К этому периоду относится и начало стационарных наблюдений за стоком воды. В период с 1934 по 1939 гг. и в годы Великой Отечественной войны (1941–1943 гг.) гидрологические наблюдения на р. Ясельде были прекращены. После 1944 г. водомерная сеть частично была восстановлена и открыты также новые посты. Всего на реке Ясельда, на всем протяжении, в разное время действовало 10 уровенных постов, из них в 7 створах продолжительность наблюдений не превышает 10 лет. В пределах не рассматриваемого участка только в одном створе (г. Береза) имеется достаточно продолжительный ряд наблюдений (более 60 лет) за уровнем воды.

Данные по стоку имеются по 6 створам. Продолжительность наблюдений на них составляет от 4 до 65 лет. В настоящее время на р. Ясельда действуют 3 поста.

Основным недостатком в изучении стокового и уровенного режимов реки является кратковременность периодов наблюдений на большинстве водпостов.

Данные наблюдений над уровнем и стоком воды по водпостам Хорева, Ясельда и Сенин можно принять в качестве опорных при расчетах, считаются в целом достаточно надежными и имеют или однородные ряды наблюдений, или же наружные однородности рядов не выходят за пределы точности учета стока.

Река Ясельда и ее притоки принадлежат к типу равнинных рек, для которых характерно смешанное питание с преобладанием снегового. Режим стока в годовом разрезе характеризуется высоким весенним половодьем, относительно низкой летне-осенней меженью, нарушаемой почти ежегодно дождевыми паводками, и обычно несколько повышенной водностью в зимний период за счет оттепелей и зимних дождей.

Для р. Ясельда характерна распластанная, сглаженная форма волны половодья с плавным подъемом и растянутым спадом. Начинается половодье почти одновременно по всей длине реки в конце первой декады марта, в ранние весны – в начале февраля, в поздние – в первых числах апреля. Заканчивается обычно в третьей декаде мая, продолжаясь в среднем два с половиной месяца, иногда может затягиваться до 3,5–4-х месяцев.

В значительном большинстве случаев (41 год из 49) высшие уровни половодья являются наивысшими в году. Наблюдаются они обычно в конце марта.

Средняя высота подъема весеннего половодья над низшим летним уровнем составляет от 1,5 до 2,5 м (у водпоста Береза – 1,5–1,6 м). Как правило, высшие уровни наблюдаются при свободном состоянии реки, редко при ледоходе.

Весеннее половодье сменяется летне-осенней меженью. Продолжается оно в среднем 5–5,5 месяцев, в засушливые годы до 6,5–7 месяцев, в дождливые может сокращаться до 3-х месяцев. Наиболее низкие меженные уровни наблюдаются чаще всего в августе – сентябре.

Почти ежегодно летом и осенью на фоне пониженной водности проходят волны дождевых паводков различной высоты и продолжительности. Обычно на р. Ясельда наблюдается 1–2 паводка за межень, в дождливые годы до 3–4. Наиболее значительные из них отмечаются в конце лета и осенью. Средняя продолжительность наибольших паводков составляет около 35–45 дней. По высоте они преимущественно ниже весенних максимумов, однако в отдельные годы, обычно с низким половодьем, могут превышать их на 0,15–0,40 м. Наибольшее превышение паводков над низшим летним уровнем достигает 1,5–1,7 м (у водпоста г. Береза).

В летний сезон р. Ясельда зарастает водной растительностью, что создает подпор уровня воды и нарушает в значительной степени однозначную зависимость между уровнем воды и расходом. Заращение начинается обычно в мае и достигает наибольшего развития в августе.

Зимняя межень устанавливается чаще всего в начале декабря и продолжается в среднем около 3-х месяцев. По сравнению с летней зимняя межень обычно выше. Низшие зимние уровни наблюдаются преимущественно в ноябре. Зимние паводки являются следствием таяния снега во время оттепелей или зимних дождей. По высоте они в большинстве случаев ниже летних, но в отдельные годы могут превышать и весенний максимум.

Наивысшие уровни весеннего половодья расчетных обеспеченностей ( $P=1-10\%$ ) определялись по кривым зависимости расходов от уровня воды  $Q=f(H)$  при соответственных значениях равнообеспеченных максимальных расходов воды. С этой целью в створах водпостов по измеренным расходам строились кривые расходов воды, которые экстраполировались затем в область наивысших уровней до расчетных максимальных расходов воды. Экстраполяция кривых расходов произведена в соответствии с «Пособием по экстраполяции кривых расходов воды до наивысших уровней», Гидрометиздат, 1966 г.

Кроме того, обеспеченные величины наивысших уровней воды весеннего половодья в створе водпоста Береза определялись по эмпирической кривой распределения ежегодных вероятностей превышения наивысших срочных уровней воды за период многолетних наблюдений. В створах на двух других водпостах, имеющих короткие ряды наблюдений, наивысшие уровни воды определялись путем переноса расчетных значений их в данный створ от опорного створа (водпоста у г. Береза) по кривым связи соответственных уровней воды за период параллельных наблюдений в створах приводимых постов и водпоста-аналога. Полученные различными способами обеспеченные значения наивысших уровней воды весеннего половодья оказались большей частью достаточно близко друг к другу.

Расчетные наивысшие уровни воды летне-осенних дождевых паводков определялись следующим образом. Для створа-аналога у г. Береза, располагающего длительным рядом наблюдений, строилась эмпирическая кривая распределения ежегодных вероятностей превышения наивысших срочных уровней за летне-осенний период. По ней непосредственно устанавливались расчетные величины уровней. Затем полученные значения уровней по кривым связи соответственных и характерных уровней переносились в створы водпостов, имеющих короткие ряды наблюдений.

**Таблица 1** – Уровни воды в характерных створах с обеспеченностью 10%

№ п/п	Створ	Период наблюдений, лет	Высший уровень воды за летне-осенний период в м.в.с. обеспеченностью 10%
1	г.Береза	45	145,56
2	с. Мал.Матвеевичи	2	144,29
3	с. Старомлыны 2-е	5	143,73

Приведенные уровни характеризуют уровенный режим при отсутствии однозначной связи уровней и расходов воды, в данном случае вследствие стеснения русла водной растительностью, и будут превышать уровни, соответствующие тем же расходам воды, но уже при свободном состоянии русла. Величина расхождения определяется как степень зарастания русла, так и высотой подъема высшего уровня воды над предпаводочным уровнем.

### **Заключение**

Приведенная оценка природных характеристик будет использоваться в дальнейшем при реконструкции мелиоративных систем, а также при оценке естественного притока к водохранилищу «Селец» в Березовском районе. В настоящее время водохранилище работает в изменившемся режиме водопотребления по сравнению с проектным, что требует корректировки водохозяйственных расчетов и наполнения водохранилища.

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОРЕМЕДИАЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

**Волчек А.А. \*, Бульская И.В. \*\***

\*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vig\_bstu@tut.by

\*\*Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь, inabulskaya@gmail.com

*The article offers the brief review of bioremediation techniques suitable for treatment of surface runoff from urbanized territories. Authors highline advantages of bioremediation in comparison to traditional treatment methods.*

### **Введение**

Поверхностный сток с урбанизированных территорий является важным источником загрязнения водных объектов. В современной городской среде непроницаемые поверхности накапливают значительные количества самых разнообразных загрязнителей, которые смываются поверхностным стоком при выпадении дождя или таянии снега и через систему дренажной ливневой канализации попадают в водные объекты.

Поверхностный сток с урбанизированных территорий обладает рядом особенностей, таких как: эпизодичность образования, широкий спектр обнаруживаемых загрязняющих веществ, высокие пиковые расходы и колебания качественного состава стока на протяжении одного гидрометеорологического явления (выпадения осадков или таяния снега) [1]. Многочисленные исследования состава поверхностных стоков с городских территорий наглядно демонстрируют, что, хотя концентрации поллютантов варьируют в широких пределах, степень загрязнения таких стоков является значительной. Использование городских очистных сооружений коммунальных сточных вод для очистки поверхностного стока является нерациональным, т.к. в период максимальных расходов возникает угроза перегрузки очистных сооружений и залпового сброса неочищенных стоков. Таким образом, на первый план выходит вопрос о выборе рационального экономически оправданного и эффективного метода очистки поверхностного стока.

### **Применение биоремедиации для очистки поверхностного стока**

Формирование поверхностного стока на урбанизированных территориях – это сложный процесс, подверженный влиянию множества факторов, связанных с особенностями водосборной территории, степенью загрязненности элементов городской среды, климатическими и гидрографическими особенностями. Типичными источниками загрязнения поверхностного стока на урбанизированных территориях являются: мусор, растительный опад, взвеси (продукты износа автомобильных шин и дорожных покрытий, эрозии почвы, твердые частицы промышленных выбросов), бензин и масла с поверхности дорог, синтетические поверхностно-активные вещества, нутриенты, тяжелые металлы, соли [2–9].

В Республике Беларусь к поверхностным сточным водам с урбанизированных территорий предъявляются нестрогие нормативные требования: при

отведении в водные объекты нормированию и контролю для поверхностного стока подлежат всего лишь три показателя – pH, взвешенные вещества и нефтепродукты. На основании литературных данных [6, 8, 9, 11–14], а также исследований, проведенных авторами статьи [15, 16], можно утверждать, что столь мягкие нормативные требования не соответствуют степени экологической опасности поверхностного стока с урбанизированных территорий. Более того, соблюдение норм для сброса прошедшего очистку поверхностного стока даже по установленным показателям может представлять собой довольно сложную задачу. Таким образом, современные системы очистки поверхностного стока с урбанизированных территорий должны удовлетворять следующим требованиям:

- соответствовать особенностям водосборной территории, быть хорошо совместимыми с уже существующей системой управления поверхностным стоком;
- иметь оправданную строительную и эксплуатационную стоимость, минимальное энергопотребление и возможность функционирования без постоянного контроля обслуживающего персонала;
- обеспечивать достаточный уровень очистки стока от широкого спектра загрязнителей, с учетом возможной тенденции к ужесточению требований к отводимым стокам;
- учитывать социальные и эстетические аспекты, а также возможность минимизации других последствий урбанизации [1, 17, 18].

На сегодняшний день существует немало типовых схем очистки поверхностных стоков на основе механических и физико-химических методов. К ним можно отнести различного вида фильтры, сепараторы, центрифуги, нефтеловушки, а также реагентные методы, такие как флокуляция, флотация, коагуляция и т.п. Несмотря на наличие ряда интересных технических решений и разработок по последовательному применению нескольких методов очистки, все перечисленные методы имеют ряд существенных недостатков: высокая строительная и эксплуатационная стоимость сооружений очистки, энергозатратность, низкая эстетическая привлекательность. Большинство установок с использованием перечисленных методов относятся к сооружениям проточного типа, в которых в период максимальных расходов предусмотрен сброс по обводной линии, а значит в окружающую среду может попасть неочищенный сток, содержащий высокие концентрации загрязняющих веществ.

Перспективным является развитие методов очистки поверхностного стока с использованием биологических объектов, т.к. это позволяет минимизировать ряд недостатков сугубо технических решений. Технологии, основанные на использовании биохимического потенциала биологических систем для очистки вод, почв и атмосферы, получили название биоремедиации. Действие таких технико-биологических систем приближено к процессам самоочищения, протекающим в окружающей среде, однако отличается большей по сравнению с естественным самоочищением интенсивностью, что позволяет успешно справляться с техногенным загрязнением. Биологическими объектами, чаще всего применяемыми при биоремедиации, являются высшие растения, грибы, водоросли, микроорганизмы [1]. Широкий спектр загрязнителей, имеющихся в поверхностном стоке с городских территорий (нутриенты, микроэлементы, органические вещества), делает его удобным объектом для биоремедиационной технологии, т.к. в стоке имеются все необходимые живым организмам биогенные элементы.



Преимуществами технологии биоремедиации являются относительно невысокая стоимость строительства и эксплуатации очистных сооружений, возможность очистки непосредственно в окружающей среде, возможность использования специфических культур организмов, эффективно удаляющих те или иные компоненты. Биоремедиацию антропогенно нарушенных сред чаще всего осуществляют с помощью растений, которые не только сами активно участвуют в процессе, но и благоприятно воздействуют на микрофлору, повышая эффективность восстановления нарушенных естественных условий среды [1, 19]. Неоспоримым преимуществом данной группы методов является возможность органично вписать очистные сооружения в ландшафт, обеспечить высокую эффективность очистки не нарушая эстетических функций городской среды.

Широкое распространение получили методы с использованием высших водных растений – камыша озерного, тростника, рогозов, рдестов, элодеи и водного гиацинта (эйхорнии). Хорошо изучена способность высших водных растений снижать содержание в воде таких загрязнителей, как биогенные элементы (азот, фосфор, калий, кальций, магний, марганец, серу), тяжелые металлы, фенолы, сульфаты, нефтепродукты, а также улучшать состояние водной среды по таким показателям, как биологическое (БПК) и химическое потребление кислорода (ХПК), содержание взвешенных веществ. Водные растения обладают способностью аэрировать и подавлять развитие патогенной микрофлоры [1, 19–21]. Высшая водная растительность может применяться для биоремедиационной очистки поверхностного стока в биологических прудах, ботанических площадках, а также сооружениях барьерного типа.

Высокой эффективностью отличается метод почвенной фильтрации. Суть метода состоит в пропускании поверхностного стока через слой почвы с растительным покровом, при этом одновременно протекают процессы фильтрации, сорбции, ионного обмена и биологической очистки. Фильтр представляет собой пониженный участок территории, засыпанный фильтрующей загрузкой и засаженный растительностью. Во время максимального расхода на поверхности фильтра может образовываться небольшой слой воды, который будет существовать в течение нескольких часов до полного впитывания. В основании фильтра устанавливается дренажная система, а при наличии хорошо дренируемых почв может осуществляться инфильтрация в почву. Фитофильтры могут устанавливаться вдоль автомобильных дорог, на стоянках и парковках автотранспорта, в парках и на придомовых территориях [1]. Подобные технологии получили широкое распространение в США, Канаде и Западной Европе, где используются фильтрационные полосы, траншеи, ячеистые засаженные травянистыми растениями покрытия тротуаров и парковок для автомобилей [17, 18]. При тщательном подборе параметров фитофильтры позволяют осуществлять глубокую очистку поверхностного стока в течение всего года, а также сократить общее количество поверхностного стока за счет инфильтрации в почву (что ближе к естественному водному балансу) или же уменьшить величину пиковых расходов, а значит, снизить диаметры отводящих сетей [1].

### **Заключение**

Многочисленные исследования в области биоремедиации различного типа стоков подтвердили высокую эффективность данной технологии. Очистка

стоков путем биоремедиации имеет ряд преимуществ перед другими методами, основными из которых являются невысокая стоимость, простота обслуживания и эстетическая привлекательность сооружений. Основным достоинством технологии является то, что она хорошо подходит для очистки поверхностного стока с урбанизированных территорий и может стать перспективным решением вопроса очистки ливневых стоков как в г. Бресте, так и Республике Беларусь.

### Список литературы

1. Мелехин, А.Г. Применение биоинженерных сооружений для очистки ливневых и талых вод с урбанизированных территорий / А.Г. Мелехин, И.С. Щукин // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – № 1. – 2012. – С. 122–133.
2. Singh, G. Evaluating performance and effectiveness of water sensitive urban design / G. Singh, J. Kandasamy // Desalination and Water Treatment. – 2009. – Vol. 11. – P. 144–150.
3. Лукашевич, О.Д. Геоэкологическая и экономическая оценка управления ливневыми сточными водами (на примере г. Томска) / О.Д. Лукашевич, Т.П. Хохлова // Инженерная экология. – М.: Инженерная экология. – 2011. – №3 – С. 54–61.
4. Суйкова, Н.В. Свойства мелкодисперсных техногенных наносов и их влияние на русловой процесс и самоочищение речной воды / Н.В. Суйкова, Ю.В. Брянская, В.С. Боровков // Водные ресурсы. – М.: Наука. – 2012. – Т. 39, № 2. – С. 186–194.
5. Щукин, И.С. Качественный состав поверхностного стока с территории г. Перми / И.С. Щукин, А.Г. Мелехин // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. – 2012. – № 4. – С. 110–118.
6. Яромский, В.Н. О влиянии антропогенных нагрузок на качество воды рек Мухавец и Лесная // В.Н. Яромский, [и др.] / Брэсцкі геаграфічны веснік. – Брест. – 2003. – Том 3. Вып. 1. – С. 82–87.
7. Машина, Л.Л. Эколого-экономические аспекты эксплуатации систем дождевой канализации / Л.Л. Машина, Э.И. Горяинов, Г.А. Демёхин // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вып. 251 – С. 196–203. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uhmi.org.ua> – Дата доступа: 11.01.2012.
8. Невзорова, А.Б. Мониторинг техногенной нагрузки от поверхностных сточных вод на городскую дождевую канализацию / Невзорова А.Б. [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2011. – №2. – С. 61–66.
9. Карпук, В.К. Техногенные источники воздействия на качество природных вод в бассейне реки Ясельда / В.К. Карпук, Ю.С. Галах // Брэсцкі геаграфічны веснік. – Брест. – 2004. – Том 4. Выпуск 1. – С. 51–55.
10. ТКП 17.06-08-2012 (02120) Технический кодекс установившейся практики: охрана окружающей среды и природопользование, порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод / Минприроды. – Минск. – 75 с., 29.06.2012.
11. Chouli, E. Applying storm water management in Greek cities: learning from the European experience / E. Chouli, E. Aftias, J.-C. Deutsch // Desalination. – 2007. – Vol. 210. – P. 61–68.
12. Tsihrintzis, V.A. Modeling and Management of Urban Stormwater Runoff Quality: A Re-view / V.A. Tsihrintzis, R. Hamid // Water Resources Management. – 1997. – Vol. 11 – P. 137–164.

13. Bartlett A.J., 2012, Causes of toxicity to *Hyalella azteca* in a storm water management facility receiving highway runoff and snowmelt. Part 1: Polycyclic aromatics and metals, Q. Rochfort, L.R. Brown, J. Marsalek, 414, Science of the Total Environment, 227-237.

14. Marsalek J., 2005, Aquatic habitat issues in urban storm water management: challenges and potential solutions, Q. Rochfort, L. Grapentine, 5, Ecohydrology and Hydrobiology. – P. 269–279.

15. Бульская, И.В. Неорганические примеси в поверхностном стоке и снеге г. Бреста / И.В. Бульская, А.А. Волчек // Сахаровские чтения 2013 года: экологические проблемы XXI века: материалы 13-й Международной научной конференции, 16-17 мая 2013 г., г. Минск, РБ / Под ред. С.П. Кундаса, С.С. Позднякова, Н.А. Лысухо. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2013. – С. 268–269.

16. Волчек, А.А. Актуальные вопросы загрязнения поверхностного стока с городской территории на примере г. Бреста / А.А. Волчек, И.В. Бульская // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: материалы Международной научно-практической конференции, Брест, 25-27 сентября 2013 г. / УО «БрГТУ» / Под ред. А.А. Волчека [и др.]. – Брест, 2013. – С. 20–22.

17. Managing Urban Stormwater: Treatment Techniques. Draft. – 1997. – Sydney: Environment Protection Authority. – 112 p.

18. USEPA Draft Fact Sheet 4/22/2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.epa.gov> – Дата доступа: 10.03.2014.

19. Самсонова, А.С. Биоремедиация природных и производственных сред / А.С. Самсонова // Наука и инновации. – 2011. – № 11 (105). – С. 66–70.

20. Тюменцева, О.В. Целесообразность применения высшей водной растительности в очистке сточных вод / О.В. Тюменцева, А.Ф. Сокольский // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 8. – Астрахань. – С. 56–57.

21. Тимофеева, С.С. Биотехнология обезвреживания сточных вод / С.С. Тимофеева // Химия и технология воды. – 1995. – Т. 17. № 5. – С. 525-532.

УДК 556.18

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

**Волчек А.А., Валуев В.Е., Мешик О.П., Дашкевич Д.Н.**

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г.Брест, Республика Беларусь, volchak@tut.by

*The article analyzes water use by sectors of the national economy of Belarus in the modern period. An improved surface water resources of Belarus for the period from 1956 to 2005, data transformation flow in the basins of major rivers and administrative areas. Maps of the average annual flow of rivers in Belarus.*

### **Введение**

Водные ресурсы страны, объекты и системы водоснабжения, водоотведения, промышленного, сельскохозяйственного производства, гидромелиорации и рекреации гарантирует устойчивое развитие экономики, включая решение комплекса социальных и экологических проблем. Динамично развиваю-

щийся водохозяйственный комплекс Беларуси в современных условиях решает разнохарактерные проблемы:

- неудовлетворенного спроса потребителей качественной водой, связанного с недостаточным развитием систем централизованного водоснабжения и ухудшающимся техническим состоянием существующих водопроводных сетей и водоочистных сооружений;

- нерационального водопользования при высоком удельном расходе воды на единицу произведенной продукции и на хозяйственно-питьевые нужды в целом;

- высокого удельного и суммарного количества загрязнителей, поступающих в водные объекты со сточными и поверхностными водами с водосборов;

- снижения материального ущерба от отрицательного воздействия природных вод путем совершенствования технических решений защитных сооружений, оптимизации затрат на эксплуатационные и профилактические мероприятия;

- повышения инвестиционной активности при формировании основных фондов водохозяйственного комплекса страны;

- опережающего создания законодательной базы, обеспечивающей полноценные механизмы рационального природопользования, включая водопользование по установленным нормам водопотребления в соответствующих отраслях экономики и жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ).

Наибольший удельный вес по объему использования воды принадлежит ЖКХ – 37 % водопотребления. Немного меньше потребляют воды промышленность – 28 % и рыбо-прудовое хозяйство – 26 %. На долю сельского хозяйства приходится незначительный объем водопотребления – около 8%. Подобное распределение водопотребления по различным отраслям практически не меняется с 1991 года, и его особенностью является взаимное несовпадение временных требований к режимам водоисточников.

### **О необходимости учета особенностей водопотребления и водопользования при решении проблем участниками водохозяйственного комплекса**

Питьевое водоснабжение большинства крупных городов и малых населенных пунктов базируется на использовании подземных вод. При этом качество воды не соответствует требованиям, предъявляемым к воде питьевого назначения по содержанию железа, концентрация которого достигает 5–6 и более мг/л. На ряде водозаборов имеется превышение допустимых концентраций марганца, азотистых соединений и др. Станциями обезжелезивания оборудовано около 50 % централизованных водозаборов, в сельской местности – не более 1–2 %.

Основными причинами низкого качества питьевой воды в малых населенных пунктах являются несовершенные технические схемы систем водоснабжения. Большая часть трубопроводов имеет диаметры 150-200 мм, к которым подключены, в значительном количестве (до 10 и более), одиночные скважины, расположенные в различных точках и на значительном удалении друг от друга. Все это делает невозможным организацию централизованного водозабора со станцией обезжелезивания. В последние годы в стране освоено производство автоматизированных самопромывающихся станций обезжелезивания, свободных от указанных недостатков. Актуальным является удаление из сточных вод биогенных элементов (азота и фосфора). В соответствии с действующими нормами проектирования сооружений для очистки бытовых сточных

вод, эффективность их работы рассчитывается по двум основным показателям – БПК и взвешенным веществам с учетом содержания в стоках соединений азота и фосфора не как загрязнителей, а как биогенных элементов, необходимых для технологического процесса биологической очистки.

Применяемая и действующая система, предполагающая полную биологическую очистку сточных вод, не может обеспечить выполнение требований по сбросу в водоёмы этих элементов. В сельских населенных пунктах и небольших городах коэффициент неравномерности расхода и концентраций загрязнения сточных вод не отвечает нормативным требованиям.

По данным государственного водного кадастра [1], в 2009 году для нужд промышленности забрано 310 млн. м<sup>3</sup>, в том числе 210 млн. м<sup>3</sup> из поверхностных водных объектов и 100 млн. м<sup>3</sup> подземных вод.

Среди промышленных потребителей одними из крупнейших являются предприятия энергетики, забирающие 90 млн.м<sup>3</sup> воды из поверхностных водных объектов и 6 млн.м<sup>3</sup> – из подземных источников.

При производстве алкогольных, слабоалкогольных, безалкогольных напитков и пива использовано воды из подземных источников – 2,9 млн.м<sup>3</sup>, из которых 0,3 млн.м<sup>3</sup> – для производства питьевой и минеральной воды.

На нужды сельскохозяйственного производства и на цели орошения земель, согласно тем же данным, использование воды увеличилось, соответственно, на 1,5 млн.м<sup>3</sup> и на 1,0 млн.м<sup>3</sup>.

В прудовом рыбном хозяйстве существенно увеличен объем использования воды (на 50,4 млн.м<sup>3</sup> или на 17 %) за счет увеличения объемов производства рыбы в Брестской и Минской областях.

В системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения в 2009 году отмечено значительное (на 8,4 %) уменьшение объемов воды (с 6697 до 6134 млн. м<sup>3</sup>), имевшее место во всех областях и в г. Минске. Наибольшее уменьшение на 233,4 млн. м<sup>3</sup> или на 31,8 % имело место в Брестской области; на 167,1 млн.м<sup>3</sup> или на 19,5 % – в г Минске; на 74,7 млн.м<sup>3</sup> или на 6,9 % – в Гомельской области.

В ряде районов горно-промышленного производства имеет место необоснованное расходование ресурсов вод высокого питьевого качества.

При общем снижении водопотребления промышленностью на 30 %, доля использования подземных вод увеличилась с 23 % в 2000 году до 32 % – в 2010 году. Использование воды в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения в промышленности в 2000 году составляло 6052 млн. м<sup>3</sup>, в 2010 году – 6055 млн. м<sup>3</sup>. Анализ данных водопотребления предприятий различных министерств и ведомств свидетельствует, что при общей тенденции к снижению забора воды в течение 2000-2010 гг. отмечалось также увеличение водопотребления в отдельные годы.

В 2009 году во всех отраслях народного хозяйства отмечено значительное снижение потребления воды от 10 до 20 %.

Данные государственного водного кадастра в части оценки потерь воды при ее транспортировке свидетельствуют о том, что до 90 % потерь приходится на предприятия коммунального хозяйства. В среднем за 10 лет величина этих потерь составляла 11–12 % от величины забора. При этом величина непроизводительных потерь в промышленности в целом составляет порядка 0,5–0,6 % от величины забора воды, а по предприятиям Министерства промышленности эта величина более низкого порядка (0,08–0,4%).

Концепцией энергетической безопасности Республики Беларусь предусмотрено возведение каскадов ГЭС на основных водных артериях, в том числе строительство мини-ГЭС на малых реках, а также восстановление заброшенных мини-станций с частичной заменой их оборудования.

Комплексное использование гидроресурсов предполагает дальнейшее развитие водного транспорта – составной части транспортного комплекса. Водный транспорт обеспечивает перевозки грузов и пассажиров на внутренних водных путях (протяженность около 2 тыс. км) в приречные пункты, переработку грузов в 10 речных портах, расположенных в бассейнах всех судоходных рек республики – Припяти, Днепра, Сожа, Березины, Немана, Западной Двины. В то же время в центральной части судоходные внутренние водные пути практически отсутствуют. Водные пути Беларуси не связаны между собой (за исключением Днепра, Припяти и Буга).

На реках эксплуатируется около 700 судов транспортного, технического и вспомогательного флота. Технические возможности портов позволяют перевезти более 8 млн. тонн и обработать 15 млн. тонн грузов год.

Водные рекреационные ресурсы являются наиболее перспективной частью природно-рекреационного потенциала страны, поскольку основой рекреационных систем в Беларуси является их озерно-речной тип. Из 18 зон отдыха республиканского значения 26 % их территории приурочено к крупным озерным системам и более 0,5 % – к рекам. В современное рекреационное использование вовлечены более 50 озер, что соответствует 5 % от их общего количества. В то же время около 1,5 тыс. озер имеют площадь более 1 км<sup>2</sup> и могут рассматриваться как объекты для отдыха и оздоровления. При этом 84,6 % из них расположены в бассейне Западной Двины, 2,7 % – Днепра, 3,2 % – Припяти, 7,7 % – Немана, 1,8 % – Западного Буга и по своему генезису не являются старичными.

Возможности массового развития туризма (в том числе и международно-го), спорта и рыболовства достаточно велики. Разнообразие водных и околоводных природных систем, среди которых особая роль принадлежит поймам рек, имеет большое значение и в плане организации экологического туризма.

### **Уточненные оценки водных ресурсов Беларуси**

Решение насущных проблем водохозяйственного комплекса Беларуси невозможно без учета природно-климатических, гидрологических, гидрогеологических, хозяйственно-экономических условий территорий и особенностей водопотребления /водопользования всех участников.

Фундаментальная работа по оценке состояния поверхностных вод Беларуси опубликована в 1996 году [2]. В последующий период водные ресурсы формировались в специфических условиях трансформации процессов тепло-влагообмена на водосборах и в силу воздействия естественных и антропогенных факторов непосредственно на сток. Уточненные ресурсы поверхностных вод Беларуси за период с 1956 по 2005 гг. и данные о трансформации стока за исследуемый 50-летний интервал по отношению к периоду инструментальных наблюдений до 1996 года по бассейнам основных рек и административным областям приведены в таблицах 1 и 2, соответственно.

Суммарно поверхностные ресурсы Беларуси практически не изменились. В то же время произошло перераспределение естественных водных ресурсов по бассейнам основных рек. Наряду с увеличением стока Припяти и незначительным ростом водности Западной Двины, отмечено уменьшение поверхностных вод остальных речных систем страны за последние годы. Отмечен рост

ресурсов поверхностных вод Брестской и Гомельской областей, в то же время для Гродненской области характерно уменьшение водных ресурсов, ввиду снижения водности Немана и Вилии.

**Таблица 1 – Естественные ресурсы речных вод Беларуси по бассейнам основных рек в 1956–2005 гг. (числитель) и изменение стока по отношению к периоду до 1996 года (знаменатель)**

Речной бассейн	Речной сток, км <sup>3</sup> /год									
	местный					общий				
	Обеспеченность, %					Обеспеченность, %				
	5	25	50	75	95	5	25	50	75	95
Западная Двина	10,6 0,1	7,8 0,1	6,9 0,1	5,5 0,0	4,4 0,1	22,3 0,4	16,4 0,2	14,1 0,2	11,6 0,3	9,0 0,4
Неман	8,0 -0,5	6,7 -0,4	6,2 -0,4	5,4 -0,5	4,9 -0,3	8,1 -0,5	6,8 -0,4	6,3 -0,4	5,5 -0,5	5,0 -0,3
Припять	11,2 1,3	7,6 1,1	6,6 1,0	5,0 0,6	3,5 0,4	23,9 1,7	16,8 1,5	14,4 1,4	11,0 0,9	8,3 1,3
Днепр	16,3 -0,1	11,8 0,1	11,0 -0,3	9,5 0,1	7,8 0,2	28,2 0,0	20,3 0,1	18,7 -0,2	15,6 -0,1	13,1 0,3
В целом по Беларуси	51,8 0,3	37,9 0,4	34,1 0,1	28,1 -0,2	22,7 -0,1	88,2 1,1	64,3 0,9	56,9 0,7	46,4 0,2	37,5 1,2

**Таблица 2 – Естественные ресурсы речных вод Беларуси по административным областям в 1956–2005 гг. (числитель) и изменение стока по отношению к периоду до 1996 года (знаменатель)**

Административная область	Речной сток, км <sup>3</sup> /год				
	Обеспеченность, %				
	5	25	50	75	95
Брестская	7,5 0,3	4,8 0,2	4,2 0,2	3,3 0,1	2,4 0,0
Витебская	12,4 0,1	9,0 0,0	8,1 0,1	6,6 0,0	5,2 0,0
Гомельская	9,3 0,4	6,6 0,3	5,9 0,3	4,9 0,3	3,7 0,2
Гродненская	5,6 -0,4	4,7 -0,3	4,4 -0,3	3,8 -0,4	3,6 -0,2
Минская	9,9 -0,1	7,6 0,1	6,7 0,0	5,4 -0,2	4,5 -0,1
Могилевская	7,1 0,0	5,2 0,1	4,8 -0,2	4,1 0,0	3,3 0,0
В целом по Беларуси	51,8 0,3	37,9 0,4	34,1 0,1	28,1 -0,2	22,7 -0,1

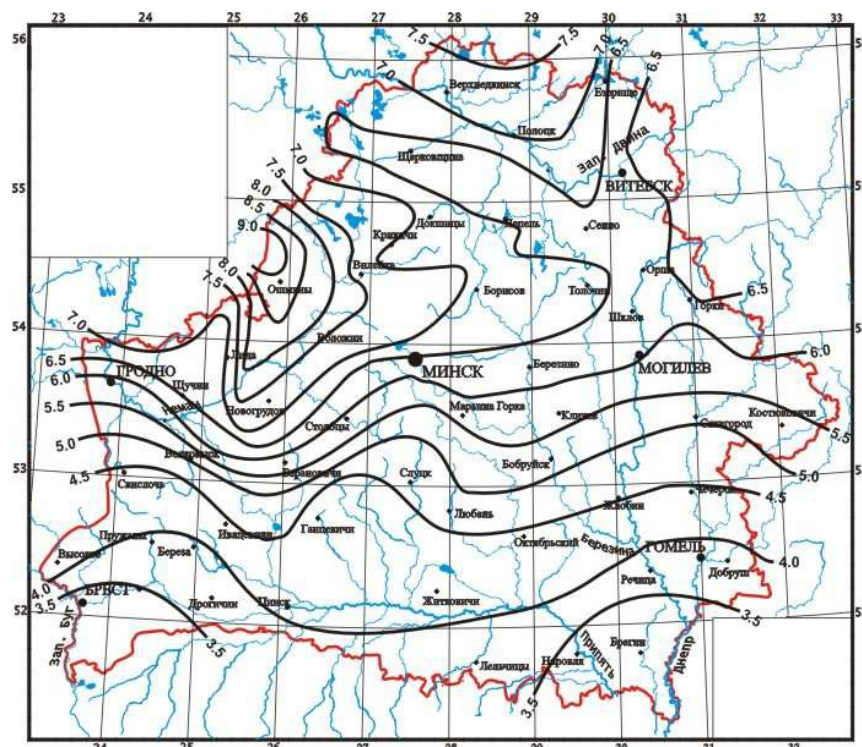
В таблице 3 приведены естественные водные ресурсы Беларуси с учетом асинхронности стока рек. Величина асинхронности зависит от совпадения либо несовпадения фаз водности рек. Это определяется генетическими особенностями формирования осадков, выпадающих на водосбор при прохождении циклов из различных зон зарождения и их водности. В связи с этим, даже для относительно небольших территорий, сток рек Беларуси имеет разную генетику происхождения, что и предопределяет асинхронность. При этом сток в целом по стране отличается от суммарного стока по бассейнам основных рек, ввиду более существенного

влияния эффекта асинхронности стока на территории всей страны, чем в отдельных регионах. Для бассейнов основных рек прослеживается достаточно тесная связь коэффициентов асинхронности от обеспеченности величины стока. С увеличением или уменьшением водности года эффект асинхронности увеличивается.

**Таблица 3 – Естественные водные ресурсы Беларуси с учетом асинхронности**

Речной бассейн	Речной сток, км <sup>3</sup> /год							
	местный				общий			
	Обеспеченность, %				Обеспеченность, %			
	5	25	75	95	5	25	75	95
Западная Двина	10,2	7,6	5,7	4,8	21,4	16,1	11,9	9,8
Неман	7,6	6,6	5,6	5,2	7,7	6,7	5,7	5,3
Припять	10,5	7,4	5,2	3,8	22,5	16,5	11,4	9,0
Днепр	15,5	11,6	9,9	8,4	26,8	19,9	16,2	14,1
В целом по Беларуси	47,7	37,1	29,8	25,2	81,1	63,0	49,2	41,6

Ранее средний многолетний годовой сток территории Беларуси был уточнен на основе построенной карты изолиний 1966 года [3], затем на основе карты 2002 года [4]. На рисунках 1 и 2 изображены эти карты. С целью уточнения водных ресурсов Беларуси построена также карта среднегодового модуля стока рек Беларуси, представленная на рисунке 3. При построении учитывались данные с 1956 по 2005 гг. по действующим гидрологическим постам. Количество использованных постов является достаточным для корректного отображения информации о годовом стоке на территории Беларуси. Приведенная на рисунке 3 карта, построена при оптимальном сочетании нескольких способов построения карт, приемов интерполяции расчетных величин стока и передовых компьютерных систем.



**Рисунок 1 – Карта среднего годового стока рек Беларуси (1966 г.), л/(с·км<sup>2</sup>)**



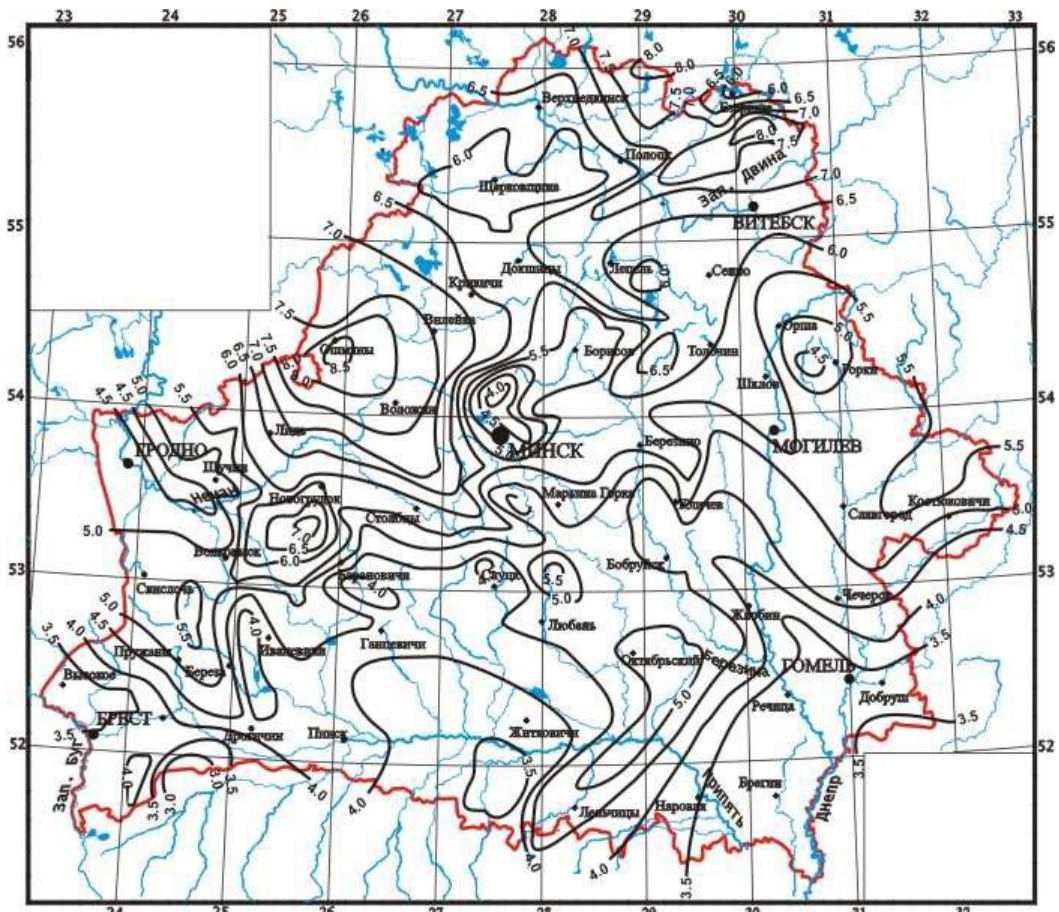


Рисунок 2 – Карта среднего годового стока рек Беларуси (2002 г.), л/(с·км<sup>2</sup>)

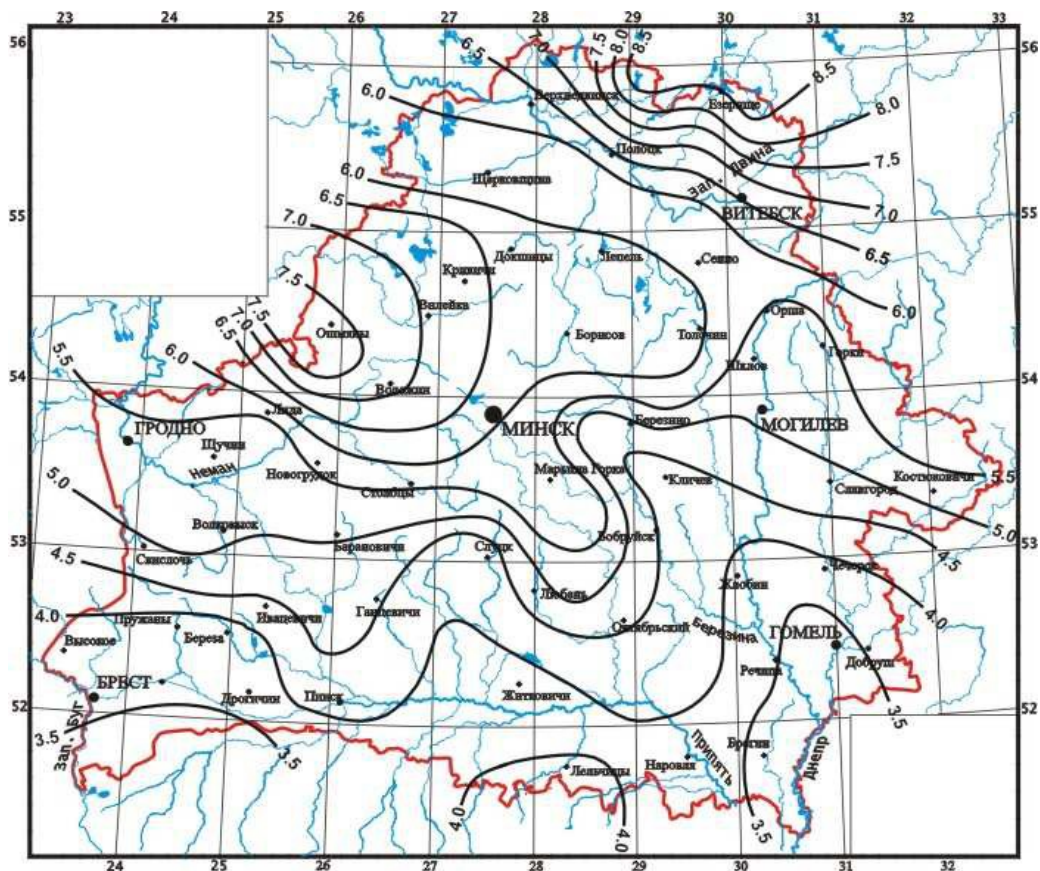


Рисунок 3 – Карта среднего годового стока рек Беларуси за период 1956–2005 гг., л/(с·км<sup>2</sup>)

## Заключение

Сравнительный анализ репрезентативных по значениям стока и способам интерпретации карт среднего годового стока, построенных для различных периодов осреднения, подтвердил данные, представленные в таблице 1 (1956–2005 гг.). Для рек бассейна Западной Двины характерно несущественное увеличение значений стока. Для бассейнов Немана и Вилии, наоборот, – выявлено его уменьшение. По Белорусскому Полесью проходит изолиния стока со значением 4, а не 3,5 как это было прежде, что свидетельствует об увеличении водности рек бассейна Припяти. Для Днепра и его основных притоков – Березины и Сожа, а также для Западного Буга выявлены как уменьшение, так и увеличение значений модуля среднегодового стока. Построенная уточненная карта модуля среднегодового стока рек Беларуси (рис. 3, 1956–2005 гг.) может быть использована при определении характеристик годового стока в случае отсутствия данных наблюдений. Изменения объемов стока рек и гидрологического режима в современных условиях вызваны усилением интенсивности общей циркуляции атмосферы и трансформацией процесса тепловлагообмена на водосборах рек Беларуси.

## Список литературы

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. (<http://bels-tat.gov.by/homep/ru/indicators/communal.php>)
2. Плужников, В.Н. Водные ресурсы Беларуси, их использование и охрана / В.Н. Плужников, М.В. Фадеева, В.И. Бучурин // Природные ресурсы. – № 1. – 1996. – С. 24–29.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Т. 5, ч. 1. – 718 с.
4. Беларуская энцыклапедыя: у 18 т. / Рэдкал.: Г.П. Пашкоў (гал. рэд.) [і інш.]. – Мінск: БелЭн, 2002. – Т. 15. – 552 с.

УДК 631.95

## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ СГЦ «ЗАПАДНЫЙ»

**Волчек А.А. \***, **Чезлова О.Е. \*\***

\*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, [vig\\_bstu@tut.by](mailto:vig_bstu@tut.by)

\*\*Государственное научное учреждение «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси», г. Брест, Республика Беларусь, [olgachezlova@tut.by](mailto:olgachezlova@tut.by)

*Population dynamics of sanitary indicative bacteria in sewage irrigated soil was characterized by feature - increase performance by 10 - 100 times immediately after irrigation and decrease by the end of the growing season. The exception was the rate of coliforms. By the end of the growing season the growth of bacteria was observed in this group compared with the control in the 2,1 – 4,5 times.*

## **Введение**

Утилизация сточных вод (СВ) крупных животноводческих комплексов в настоящее время является серьезной проблемой. Содержание значительного количества питательных веществ позволяет рассматривать данный отход в качестве вторичного ресурса, используя его как мелиорант сельхозугодий. Считается, что использование навозных стоков для орошения в сочетании с комплексом природоохранных мероприятий, при благоприятных гидрогеологических условиях и научно обоснованном режиме удобрительных поливов, обеспечивает надежность эксплуатации земледельческих полей орошения (ЗПО) [1]. При назначении поливного режима, прежде всего, руководствуются объемом водопотребления сельскохозяйственных культур, потребностью их в удобрениях, объемом животноводческих стоков и содержанию в них питательных веществ [2]. Однако практика показывает, что присутствие значительного количества патогенной и условно-патогенной микрофлоры в недостаточно обеззараженной СВ создает необходимость учета динамики бактериологических показателей почвы при разработке режима орошения для предотвращения ее инфицирования и биологического загрязнения поверхностных вод. Известно, что основная масса патогенной флоры, попавшей в почву с оросительной водой, постепенно отмирает. Это зависит от свойств микробов, типа и физико-химических свойств почв, ее токсичности, наличия антагонистов-сапрофитов и бактериофагов и др. Некоторые представители микрофлоры СВ, попадая в почву, вступают в ее биоценоз, участвуют в биохимических процессах, а отдельные виды бактерий остаются постоянными обитателями почвы.

Задачей данного исследования явилась оценка динамики различных групп бактерий почвы сельхозугодий при орошении ее животноводческими СВ селекционно-гибридного центра (СЦГ) «Западный» и определение основных бактериологических показателей при разработке режима орошения.

### **Объекты и методы исследования.**

Объектами исследования явились почвы сельхозугодий свиноводческого комплекса «Западный» и микроорганизмы почв.

СЦГ «Западный» – крупный свиноводческий комплекс. В день здесь образуется около 1000 м<sup>3</sup> стоков. Перед подачей на поля для орошения они проходят несколько стадий подготовки для снижения риска загрязнения окружающей среды. Обеззараживание СВ достигается путем длительной стабилизации в промежуточных прудах и прудах-накопителях.

Для проведения исследований был выбран участок поля, занятого кукурузой. Почвы дерново-подзолистые супесчаные. На орошаемом участке определены две типичные площадки 5х5 м для отбора проб и определены их географические координаты. Также была выделена контрольная пробная площадка без орошения СВ. Фактический полив СВ составил (по данным СЦГ «Западный»):

- пробная площадка № 1 – 280 м<sup>3</sup>/га;
- пробная площадка № 2 – 110 м<sup>3</sup>/га.

Для изучения влияния орошения животноводческими стоками на процессы самоочищения почвы пробы отбирались перед началом орошения (фон), спустя 2 – 3 дня после внесения стоков и далее через 2 и 4 недели, а затем 1 раз в месяц до окончания вегетационного периода.

Определение бактериологических показателей почвы проводилось по стандартным методикам, принятым на территории Республики Беларусь и включало определение следующих показателей: бактерий группы кишечных палочек (БГКП), энтерококков, сульфитредуцирующих клостридий *Clostridium perfringens*, общего микробного числа (ОМЧ), термофильных и нитрифицирующих бактерий, неферментирующих грамотрицательных бактерий (НГОБ), патогенных энтеробактерий р. *Salmonella*. При учете количества микроорганизмов производился расчет на 1 г абсолютно сухой почвы [3].

Орошение СВ исследуемого участка проводилось в один этап - 1 июля 2013 г.

### Результаты и их обсуждение

Проведенный бактериологический анализ СВ СГЦ «Западный» показал, что в ней содержится значительное количество санитарно-показательных бактерий: БГКП ( $10^3 - 9 \cdot 10^4$  колониобразующих единиц (КОЕ) в 100 мл), энтерококков ( $9 \cdot 10^3 - 9,6 \cdot 10^4$  КОЕ в 100 мл), сульфитредуцирующих клостридий (20–40 КОЕ в 100 мл). СВ также содержат большое количество неферментирующих бактерий р. *Pseudomonas* -  $10^3 - 10^4$  КОЕ в 1мл. Сальмонеллы обнаружены не были.

В результате орошения животноводческими стоками произошли изменения в качественном и количественном составе почвенной микробиоты исследуемого участка.

Бактериологические показатели полевого участка показаны в таблицах 1, 2, 3.

**Таблица 1 – Бактериологические показатели почвы участка под кукурузой (при поливе  $280 \text{ м}^3/\text{га}$ )**

Показатель	Значение для «чистой» почвы [3, 4]	До полива 21.06.13	После полива				
			04.07. 2013	16.07. 2013	08.08. 2013	04.09. 2013	14.10. 2013
БГКП, КОЕ/г	1 - 9	$1,11 \cdot 10^2$	35	$1,17 \cdot 10^2$	$1,08 \cdot 10^2$	$2,12 \cdot 10^2$	$2,03 \cdot 10^3$
Энтерококки, КОЕ/г	1 - 9	11	$1,19 \cdot 10^3$	$5,83 \cdot 10^2$	53	21	19
ОМЧ, КОЕ/г		$1,17 \cdot 10^5$	$1,56 \cdot 10^6$	$1,75 \cdot 10^5$	$8,3 \cdot 10^5$	$2,97 \cdot 10^5$	$4,29 \cdot 10^5$
Титр сульфитредуцирующих клостридий, г	0,01 и выше	> 0,1	0,1	> 0,1	> 0,1	> 0,1	> 0,1
Титр нитрифицирующих бактерий, г	0,1 и выше	0,1	0,001	0,001	0,01	0,01	0,01
Термофильные бактерии, КОЕ/г	$10^2 - 10^3$	$2,18 \cdot 10^3$	$9,54 \cdot 10^4$	$4,8 \cdot 10^4$	$4,46 \cdot 10^4$	$2,12 \cdot 10^4$	$4,06 \cdot 10^4$
НГОБ, КОЕ/г		$1,1 \cdot 10^3$	$3,58 \cdot 10^4$	$1,05 \cdot 10^4$	$1,08 \cdot 10^3$	$9,55 \cdot 10^3$	$5,63 \cdot 10^3$

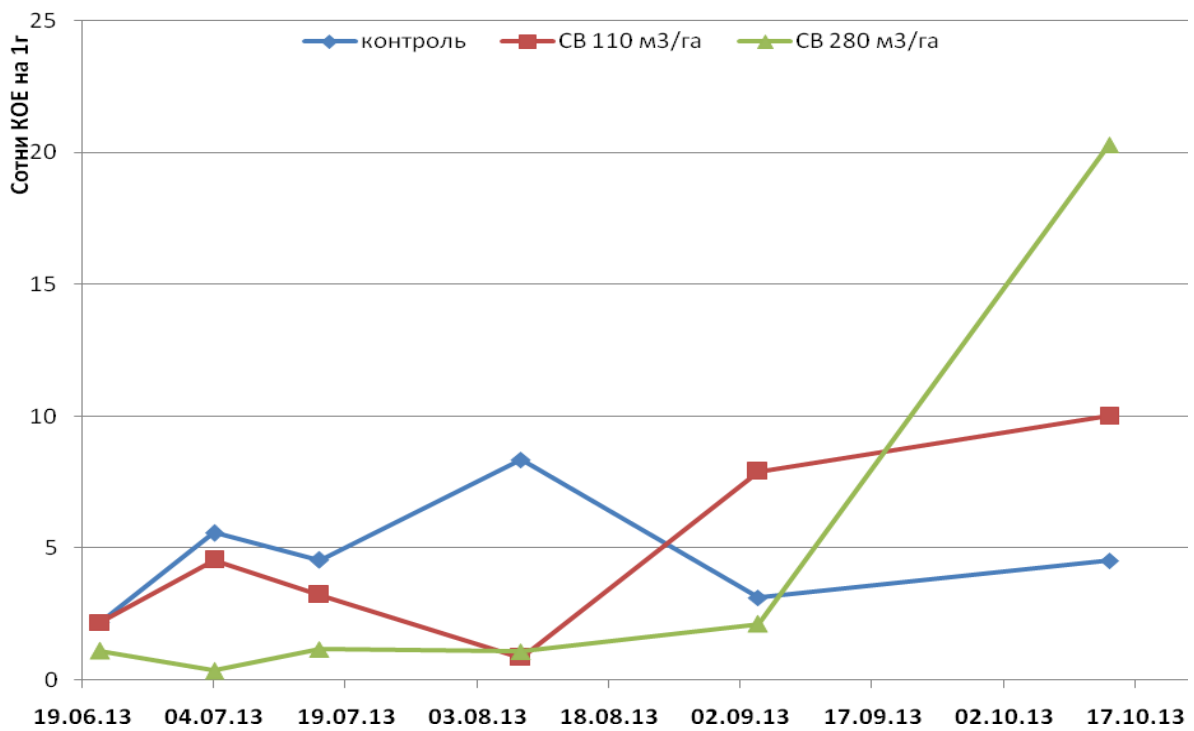
**Таблица 2 – Бактериологические показатели почвы участка под кукурузой (при поливе 110 м<sup>3</sup>/га)**

Показатель	Значение для «чистой» почвы [3, 4]	До полива 21.06. 2013	После полива				
			04.07. 2013	16.07. 2013	08.08. 2013	04.09. 2013	14.10. 2013
БГКП, КОЕ/г	1 - 9	2,18 x10 <sup>2</sup>	4,55 x10 <sup>2</sup>	3,22 x10 <sup>2</sup>	0,84 x10 <sup>2</sup>	7,9x10 <sup>2</sup>	1x10 <sup>3</sup>
Энтерококки, КОЕ/г	1 - 9	25	1,19 x10 <sup>2</sup>	39	12	9	11
ОМЧ, КОЕ/г		5,42 x10 <sup>4</sup>	4,31 x10 <sup>5</sup>	2,74 x10 <sup>5</sup>	2,88 x10 <sup>5</sup>	2,64 x10 <sup>5</sup>	2 x10 <sup>5</sup>
Титр сульфитредуцирующих клостридий, г	0,01 и выше	> 0,1	> 0,1	> 0,1	> 0,1	> 0,1	> 0,1
Титр нитрифицирующих бактерий, г	0,1 и выше	0,1	0,01	0,001	0,001	0,01	0,01
Термофильные бактерии, КОЕ/г	10 <sup>2</sup> – 10 <sup>3</sup>	2,18 x10 <sup>3</sup>	9,36 x10 <sup>4</sup>	4,19 x10 <sup>4</sup>	3,12 x10 <sup>4</sup>	1,01 x10 <sup>4</sup>	2,24 x10 <sup>4</sup>
НГОб, КОЕ/г		1,09 x10 <sup>3</sup>	1,17 x10 <sup>4</sup>	5,3 x10 <sup>3</sup>	3,19 x10 <sup>3</sup>	2,68 x10 <sup>3</sup>	4,45 x10 <sup>3</sup>

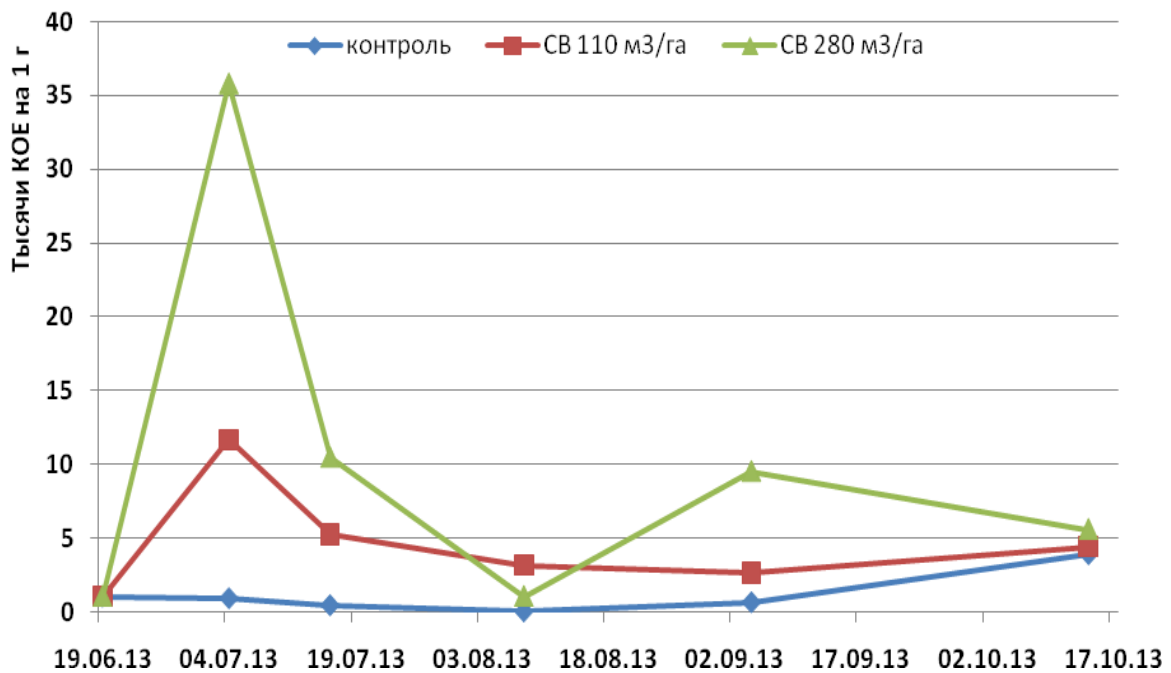
**Таблица 3 – Бактериологические показатели почвы участка под кукурузой (контроль)**

Показатель	Значение для «чистой» почвы [3, 4]	21.06. 2013	04.07. 2013	16.07. 2013	08.08. 2013	04.09. 2013	14.10. 2013
Энтерококки, КОЕ/г	1 - 9	23	44	14	17	4	8
ОМЧ, КОЕ/г		2,18 x10 <sup>4</sup>	1,07 x10 <sup>5</sup>	1,07 x10 <sup>5</sup>	1,13 x10 <sup>5</sup>	7,4x10 <sup>4</sup>	1,47 x10 <sup>4</sup>
Титр сульфитредуцирующих клостридий, г	0,01 и выше	> 0,1	>0,1	> 0,1	> 0,1	> 0,1	> 0,1
Титр нитрифицирующих бактерий, г	0,1 и выше	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01
Термофильные бактерии, КОЕ/г	10 <sup>2</sup> – 10 <sup>3</sup>	2,18 x10 <sup>3</sup>	9,54 x10 <sup>4</sup>	4,8x10 <sup>4</sup>	4,46 x10 <sup>4</sup>	2,12 x10 <sup>4</sup>	4,06 x10 <sup>4</sup>
НГОб, КОЕ/г		2,18 x10 <sup>3</sup>	2,23 x10 <sup>3</sup>	4,1x10 <sup>3</sup>	3,02 x10 <sup>3</sup>	2,09 x10 <sup>3</sup>	2,26 x10 <sup>3</sup>

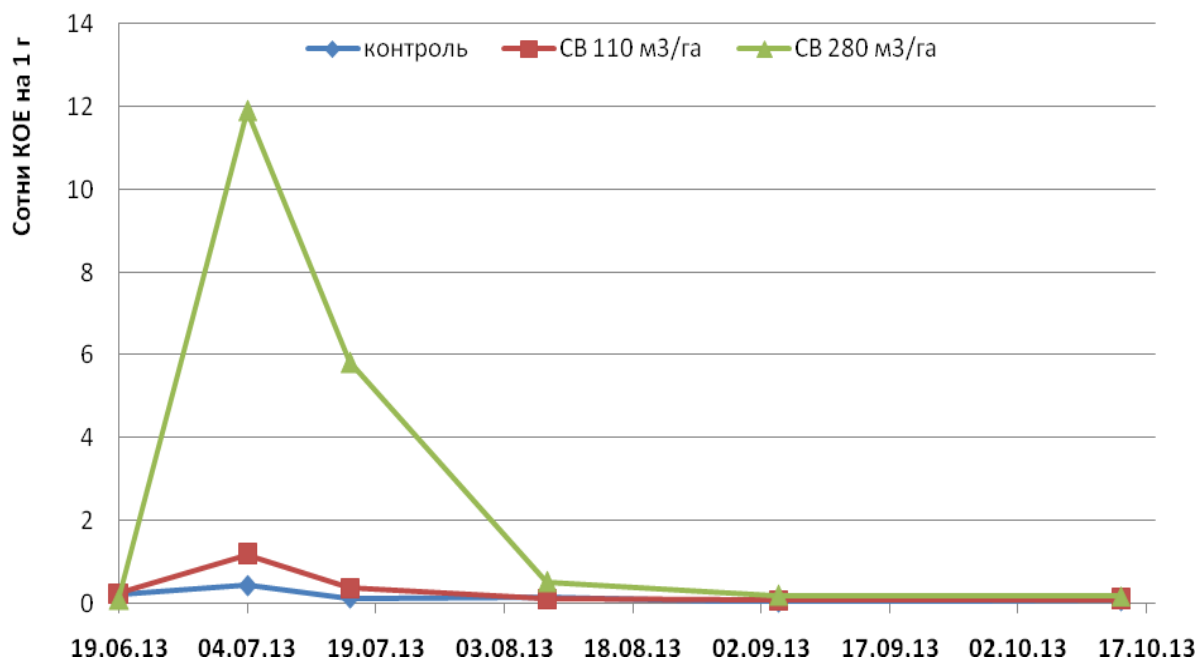
На рисунках 1, 2, 3, 4, 5 отражена динамика различных групп бактерий в почвах полевого участка.



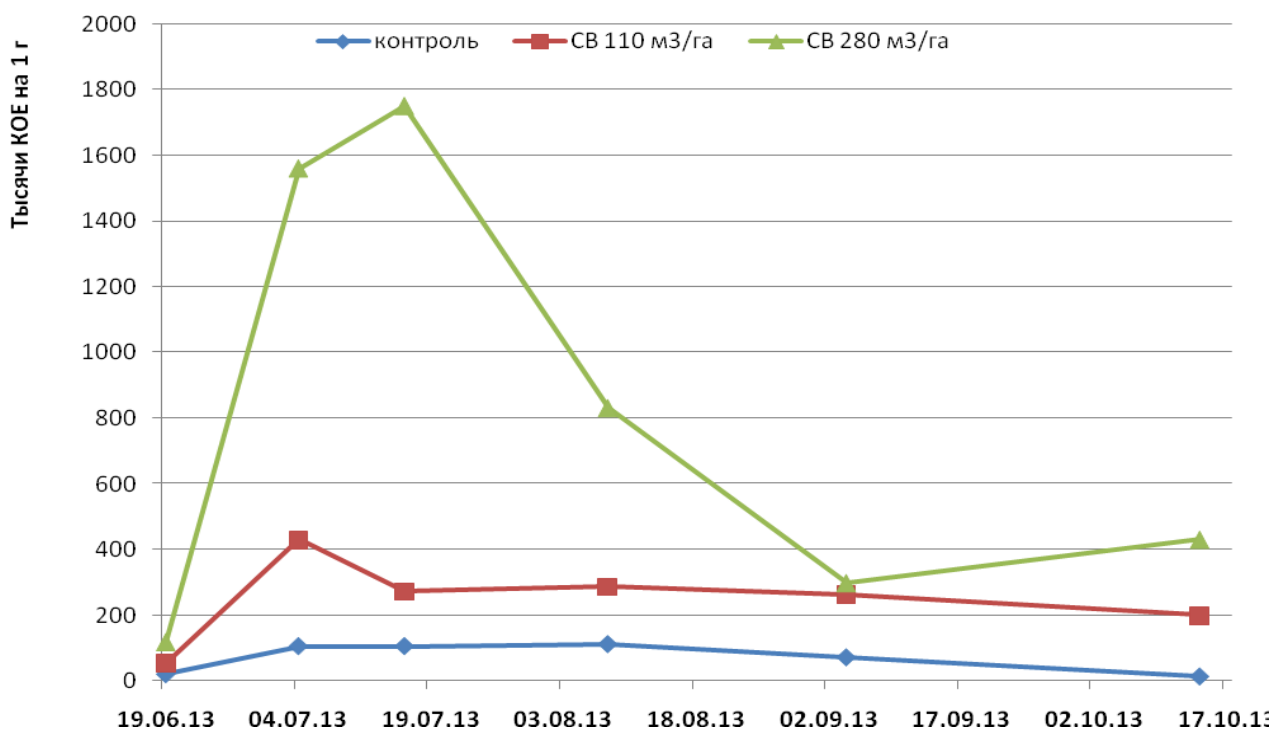
**Рисунок 1** – Динамика бактерий группы кишечной палочки в почвах полевого участка под кукурузой



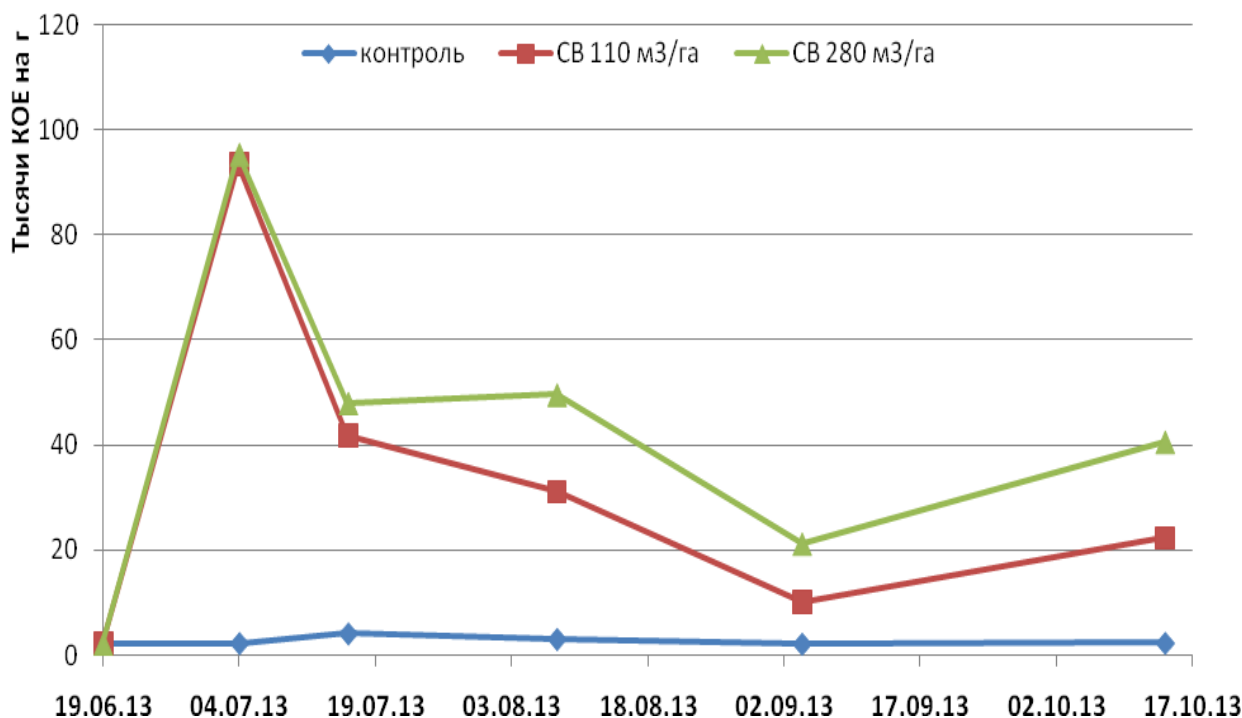
**Рисунок 2** – Динамика неферментирующих грамотрицательных бактерий в почвах полевого участка под кукурузой



**Рисунок 3 –** Динамика энтерококков в почвах полевого участка под кукурузой



**Рисунок 4 –** Динамика общего микробного числа почв полевого участка под кукурузой



**Рисунок 5** – Динамика термофильных бактерий в почвах полевого участка под кукурузой

Сразу после орошения СВ большинство показателей значительно увеличивается. Так, количество энтерококков увеличилось в 13,2 раза при поливе 110 м<sup>3</sup>/га, а при 280 м<sup>3</sup>/га – в 132,2 раза. Общее микробное число увеличилось в 8 раз при поливе 110 м<sup>3</sup>/га, а при поливе 280 м<sup>3</sup>/га – в 15 раз. Количество термофильных бактерий увеличилось приблизительно в 44 раза в почвах обеих пробных площадок. Количество неферментирующих грамотрицательных бактерий увеличилось в 10,7 раз при поливе 110 м<sup>3</sup>/га, а при 280 м<sup>3</sup>/га – в 32,6 раза.

Обращает на себя внимание факт снижения количества БГКП сразу после орошения при поливе 280 м<sup>3</sup>/га, что можно объяснить ухудшением почвенных условий для данной группы бактерий, а также антагонизмом с другими представителями микробиоты. Однако к концу вегетационного периода этот показатель возрастает в 18 раз по сравнению со значением его до орошения (в 4,5 раз в сравнении с контролем), достигая значения 2,03x10<sup>3</sup>, что более чем в 200 раз превышает норму для «чистой» почвы. При объеме полива 110 м<sup>3</sup>/га значение БГКП сначала возрастает в 2 раза, а затем наблюдается его спад через месяц после орошения. К концу вегетационного периода при этой норме полива также наблюдается возрастание количества БГКП в 4,6 раза по сравнению с периодом до орошения (в 2,1 раз в сравнении с контролем), достигая значения 10<sup>3</sup>, что превышает норму для «чистой» почвы более чем в 100 раз.

Значения большинства показателей к концу вегетационного сезона снижаются. Так, количество энтерококков снижается до фонового уровня через месяц, и сохраняется таким до конца сезона. Несмотря на снижение значения показателей, многие из них сохраняются повышенными. Так, значение ОМЧ к концу вегетационного периода остается повышенным по сравнению с периодом до орошения при обеих нормах полива. Количество термофильных бактерий сохраняется повышенным к концу сезона в 10,3 раза при норме 110 м<sup>3</sup>/га, а при норме 280 м<sup>3</sup>/га – в 18,6 раз.



Количество сульфитредуцирующих клостридий существенно не меняется в процессе орошения СВ и остается в пределах нормы для «чистой» почвы.

Показателем активности самоочищения почвы может считаться увеличение микрофлоры, участвующей в процессах нитрификации. Гибель БГКП и некоторых сапрофитных бактерий предшествует усилению процесса нитрификации – конечному этапу разложения органических веществ. Титр нитрифицирующих бактерий после орошения СВ снижается на два порядка в пробах обоих площадок (до 0,001 г), что говорит об активно протекающих процессах нитрификации. К концу вегетационного периода значение этого показателя становится таким же, как и в контроле (0,01), что свидетельствует о незавершенных процессах минерализации в почве.

Сальмонеллы не были обнаружены в почвах этого полевого участка.

Оценивая в целом динамику численности различных групп бактерий почвы, орошенной СВ, можно отметить, что в результате естественных процессов на протяжении вегетационного сезона в почве активно проходят процессы самоочищения, приводя к существенному снижению санитарно-бактериологических показателей. Однако некоторые из них к концу сезона остаются повышенными (БГКП, ОМЧ, термофильные бактерии). Наиболее критичным в этом отношении является показатель БГКП. В связи с чем можно рекомендовать снизить норму полива СВ на данном участке до 80 м<sup>3</sup>/га.

### **Выводы**

1. Динамика численности различных групп санитарно-показательных бактерий в орошаемой СВ почве участка под кукурузой характеризуется основной особенностью – возрастание показателей на один-два порядка сразу после орошения и снижение к концу вегетационного сезона. Исключение составил показатель БГКП. При поливе объемом 110 м<sup>3</sup>/га и 280 м<sup>3</sup>/га к концу вегетационного периода наблюдался рост бактерий данной группы в сравнении с контролем в 2,1 и в 4,5 раз соответственно, превышая норму для чистой почвы в 100–200 раз.

2. При разработке режима орошения сточными водами необходимо учитывать бактериологическую составляющую орошаемых почв. Из основных санитарно-показательных микроорганизмов (БГКП, энтерококки, сальмонеллы, сульфитредуцирующие клостридии) наибольшее значение для разработки режима орошения СВ полевого участка под кукурузой имеет показатель БГКП.

3. Объем полива СВ полевого участка рекомендуется снизить до 80 м<sup>3</sup>/га.

4. Необходим дальнейший мониторинг бактериологической составляющей почв для оценки влияния ее на дренажные, грунтовые и поверхностные воды.

### **Список литературы**

1. Желязко, В.И. Использование бесподстильного навоза на мелиорируемых агроландшафтах. Теория и практика / В.И. Желязко, П.Ф. Тиво. – Мн.: ИООО «Право и экономика, 2006. – 296 с.

2. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации: учеб. для студентов специальности «Мелиорация и водное хозяйство» сельскохозяйственных высших учебных заведений / Г.И. Афанасик, М.Г. Голченко, А.П. Лихацевич, Г.И. Михайлов; под ред. А.П. Лихацевича. – Мн.: Тэхналогія, 2000. – 436 с.

3. Методы санитарно-микробиологических исследований почвы: Инструкция 4.2.10-12-9-2006, утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь № 67 от 29.05.06. – Минск, 2006. – 31 с.

4. Гигиеническая оценка почвы населенных мест: Инструкция 2.1.7.11-12-5-2004, утв. Постановлением Гл. гос. санитарного врача №32 от 03.03.04 // Сборник нормативных документов по гигиенической оценке почвы населенных мест. – Минск, 2004. – С. 3–38.

УДК 556.166 (476)

## **РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ПО СИНХРОННОСТИ КОЛЕБАНИЙ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ**

**Волчек А.А.\*, Шелест Т.А.\*\***

\*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, [volchak@tut.by](mailto:volchak@tut.by)

\*\*Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь, [tashelest@mail.ru](mailto:tashelest@mail.ru)

*Division into districts of the territory of Belarus according to the synchronism of fluctuations of the maximum discharges of rainfall floods water has been made. Results are submitted in figures and in tables.*

### **Введение**

Паводки относятся к числу одного из опасных гидрологических явлений, т.к. они не приурочены к какому-либо сезону, возникают внезапно и развиваются стремительно. Нередко они бывают катастрофическими и приносят ущерб экономике страны, особенно сельскому хозяйству, и бедствий населению. В случае причинения материального ущерба паводки приобретают характер наводнений.

Большая часть паводкообразующих осадков на территории Беларуси связана с атлантическими циклонами. Формирование дождевых паводков на реках страны обычно происходит в результате выпадения продолжительных ливневых или обложных дождей. Кратковременные ливни, охватывающие одновременно, как правило, небольшие площади, способны вызвать значительные подъемы воды лишь на малых водосборах.

Высота дождевых паводков в среднем 0,4–0,7 м над уровнем межени. На реках Поозерья вода во время паводков может подниматься до 2 м, на Полесье – до 1 м. В отдельные годы высота летних паводков может достигать до 4–7 м над меженным уровнем [1].

На дождевые паводки приходится в среднем 15–20 % годового стока рек, в отдельные годы – до 40 % и более. Так, например, на р. Уборть – д. Краснобережье в 1988 г. объем дождевого паводка составил около 47 % от годового стока, в 1993 и 2007 гг. – около 38 %. В 2005 г. на р. Березовка – д. Саутки объем паводка составил 42 % от годового, на р. Улла – д. Бочейково – 33 %.

Паводки редко охватывают обширные территории. Часто они захватывают лишь отдельные речные бассейны. Наибольшие дождевые паводки на одной реке не всегда прослеживаются в числе первых наиболее высоких паводков на других реках.

Целью настоящего исследования является выделение гидрологически однородных районов с синхронными колебаниями максимальных расходов воды дождевых паводков на реках Беларуси.

Для оценки синхронности колебаний речного стока используются разные способы (сравнение сглаженных хронологических графиков или разностных интегральных кривых, составление диаграмм, изображающих чередование характерных фаз в колебаниях, парная корреляция рядов наблюдений и др.). Наиболее объективной мерой синхронности являются коэффициенты корреляции. Технический прогресс, в том числе развитие компьютерных технологий, позволяют анализировать большие матрицы коэффициентов корреляции и объективно выделить однородные территории с синхронными колебаниями стока.

### **Исходные данные и методика исследования**

Исходными данными послужили материалы наблюдений Управления гидрометеорологической деятельности (ранее – Департамента по гидрометеорологии) Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за максимальными расходами воды дождевых паводков.

Инструментальные наблюдения за водным режимом на реках Беларуси ведутся с конца XIX в. Большая часть ныне действующих гидрологических постов была открыта в 20–30-е гг. XX в. На многих реках наблюдения начали вестись только в послевоенный период. Для проведения районирования отобраны 70 гидрометрических створов, расположенных в разных частях страны, для которых был принят единый период наблюдений с 1946 по 2010 гг.

Для выявления синхронности многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков использовался пространственный корреляционный анализ, т.е. построение матрицы парных коэффициентов корреляции, на основе чего выделялись районы синхронных колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков, для которых проводилась количественная оценка степени синхронности [2].

После построения матрицы парных коэффициентов корреляции между максимальными расходами воды дождевых паводков выделялись группы рек, имеющие максимальную связанность в пределах группы. Таким образом, были сформированы ядра районов синхронных колебаний стока, которые имеют максимальную связанность с группой элементов, заключенных в ядро.

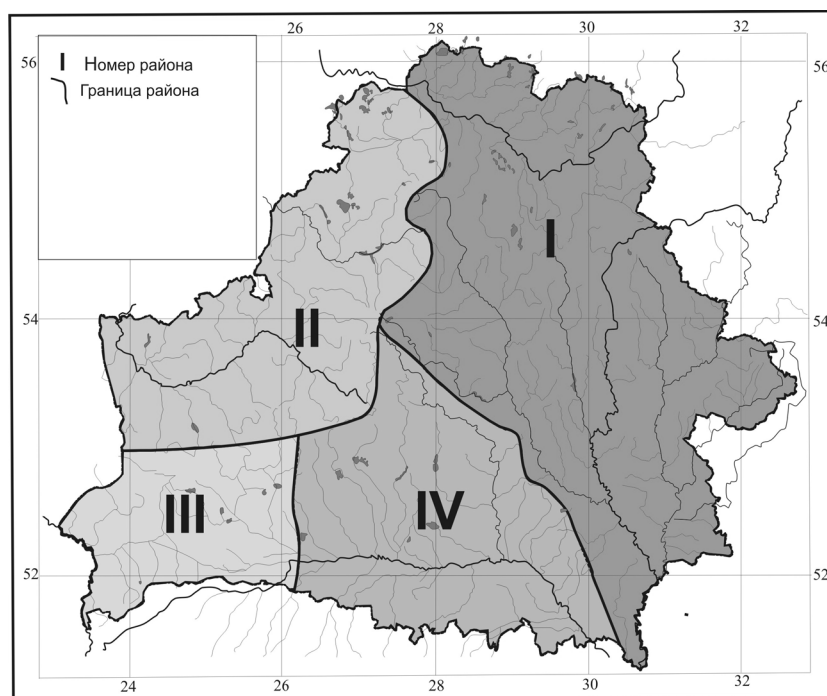
Для уточнения границ районов проводился детальный анализ с расчетом корреляционной матрицы по данным обо всех реках, в результате оставшиеся вне ядер реки были распределены по районам синхронных колебаний стока по принципу максимальной скоррелированности каждого конкретного элемента с ядром района.

Затем проведена проверка правильности отнесения рек к соответствующим районам. При этом средний коэффициент корреляции данной реки со всеми реками района, в который она входит, должен быть выше, чем средний коэффициент корреляции со всеми реками других районов.

Далее рассчитывались средние внутрирайонные коэффициенты корреляции между реками, входящими в один и тот же район, характеризующие внутрирайонную связь, и межрайонные коэффициенты корреляции, характеризующие межрайонную связанность.

### Анализ полученных результатов

Анализ коэффициентов парной корреляции между максимальными расходами воды дождевых паводков рек Беларуси позволил разделить территорию Беларуси по синхронности многолетних колебаний с учетом положения водоразделов и географических особенностей территории на четыре района (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Районирование территории Беларуси по синхронности колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков

Для каждого из выделенных районов рассчитывались средние внутрирайонные коэффициенты корреляции, характеризующие внутрирайонную связь, а также средние межрайонные коэффициенты корреляции, характеризующие межрайонную связь (таблица 1).

**Таблица 1** – Средние внутрирайонные и межрайонные коэффициенты корреляции выделенных районов синхронных колебаний

№ района	I	II	III	IV
I	0,68	0,36	0,20	0,17
II		0,74	0,39	0,24
III			0,76	0,45
IV				0,74

Средняя ошибка внутрирайонных коэффициентов корреляции составляет  $\pm 0,05$ – $0,07$ . Средние значения внутрирайонных коэффициентов корреляции изменяются в пределах от 0,68 до 0,76, что свидетельствует о высоком уровне синхронности колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков для каждой группы, выделенных в отдельный район створов. Средние значения межрайонных коэффициентов корреляции изменяются от 0,17 до 0,45 (таблица 1).

*Район I* (Двинско-Днепровский) занимает северную и восточную части Беларуси, охватывает бассейны Западной Двины (без р. Дисна) и Днепра. Этот район имеет наибольшую связанность с районом II (межрайонный коэффициент корреляции равен 0,36), наименьшую – с районом IV (межрайонный коэффициент корреляции 0,17).

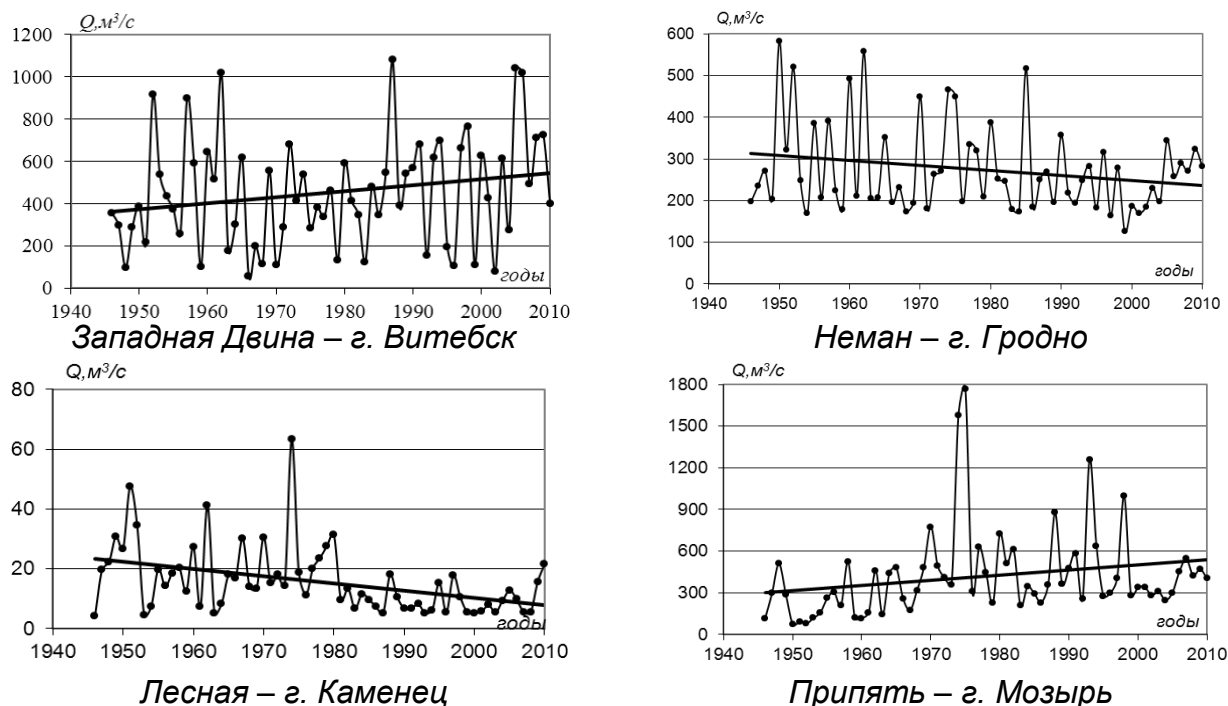
*Район II* (Неманский) расположен на западе страны. Включает бассейн Немана с Вилией, а также р. Дисну. Район имеет максимальную связанность с районом III (межрайонный коэффициент корреляции составляет 0,39), наименьшую – с IV.

*Район III* (Бугский) расположен на юго-западе Беларуси. Включает бассейн Западного Буга, верховья Припяти и левых притоков Немана. Внутрирайонный коэффициент корреляции составляет 0,76.

*Район IV* (Припятский) находится на юге страны и охватывает бассейн Припяти. Имеет максимальную связанность с районом III (межрайонный коэффициент корреляции равен 0,45), с другими же районами связь наименьшая.

Границы районов несут в себе некоторую условность, которая связана с характером пространственных изменений в колебаниях стока. Так, например, многолетние колебания максимальных расходов воды дождевых паводков двух водосборов, расположенных в разных районах, но близко друг от друга, могут иметь большую синхронность, чем многолетние колебания максимальных расходов воды паводков двух водосборов из одного района, но расположенных на большом расстоянии друг от друга. Кроме того, границы районов могут несколько изменяться от года к году, но для средних многолетних условий районы выделяются достаточно четко.

Для рек в пределах выделенных районов построены графики многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков за период 1946–2010 гг.



**Рисунок 2** – Графики многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков

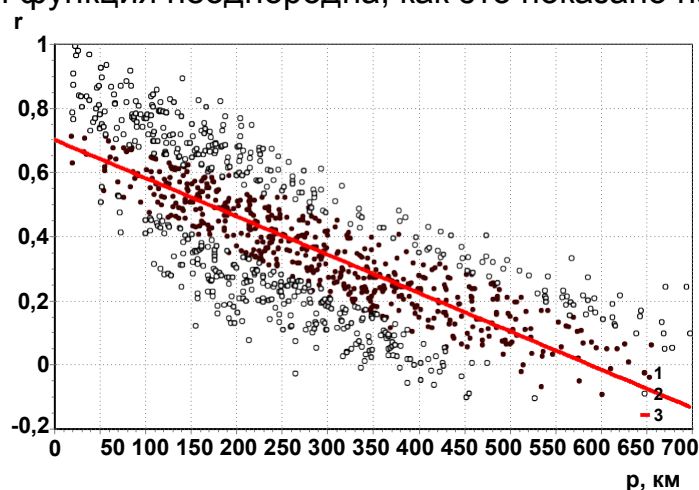
Проводился также анализ количества лет с наиболее высокими дождевыми паводками (обеспеченностью не более 25 %) за различные периоды (1946–

1965 г., 1966–1987 и 1988–2010 гг.), который показал, что количество дождевых паводков обеспеченностью не более 25 % сильно варьирует за различные периоды по разным рекам страны. Так, в бассейнах Западной Двины и Днепра наибольшее число паводков рассматриваемой обеспеченности отмечалось в первый (1946–1965 гг.) и третий (1988–2010 гг.) периоды. В бассейнах Немана и Западного Буга количеством высоких дождевых паводков выделяются первые два периода, в то время как в третий период их число минимально. На реках водосбора Припяти наибольшее число высоких паводков наблюдалось во второй период.

Таким образом, совместный анализ корреляционной матрицы, графиков многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков и количества паводков обеспеченностью не более 25 % за различные периоды показал, что многолетние колебания максимальных расходов воды дождевых паводков в пределах выделенных районов имеют сходные тенденции и чередование периодов с повышенным и пониженным дождевым паводочным стоком. Так, на реках Двинско-Днепровского района (I) в период 1966–1987 гг. отмечалось снижение величины максимальных расходов воды дождевых паводков, а дождевые паводки, отмечаемые на реках в периоды 1946–1965 гг. и 1988–2010 гг. по величине максимального расхода примерно равны. Реки Неманского района (II) имеют резко выраженную тенденцию к снижению величины дождевых паводков за рассматриваемый период, особенно заметную – с середины 1980-х гг. На реках Бугского района (III), также имеющих тенденцию к снижению максимальных расходов воды паводков, в многолетнем ряду очень заметно выделяются большие дождевые паводки, которые наблюдались на всех реках района в 1970-е гг. Для рек Припятского района (IV) наибольшие дождевые паводки отмечались в период 1966–1987 гг.

### **Построение пространственно-корреляционных функций**

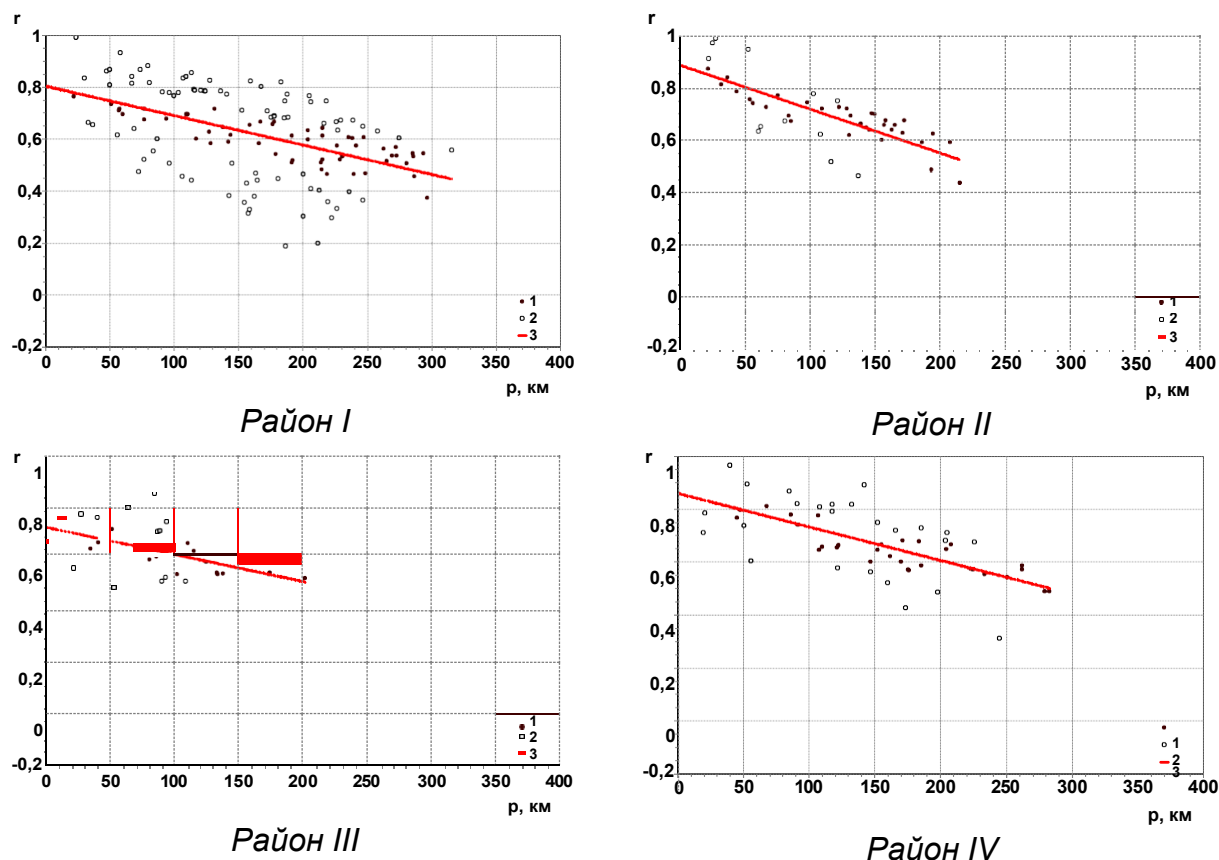
Пространственно-корреляционная функция (ПКФ) построена по 2415 парным коэффициентам корреляции, полученным по 70 грациям наблюдений. Среднее число совместных лет наблюдений при расчете парных коэффициентов корреляции составляло не менее 25 лет. Оценка однородности ПКФ максимальных расходов воды дождевых паводков рек Беларуси показала, что рассматриваемая функция неоднородна, как это показано на рисунке 3.



- 1 – эмпирические коэффициенты парной корреляции в диапазоне  $\pm\sigma_z$ ;
- 2 – эмпирические коэффициенты парной корреляции в диапазоне  $\pm 2\sigma_z$ ;
- 3 – линия регрессии  $r=f(r)$

**Рисунок 3** – ПКФ максимальных расходов воды дождевых паводков рек Беларуси

В связи с тем, что исходное поле оказалось неоднородным, оно было разбито на более мелкие районы. В нашем случае для территории Беларуси выделены четыре однородных района, границы которых совпали с выделенными районами синхронных колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков, ПКФ которых приведены на рисунке 4.



1 – эмпирические коэффициенты парной корреляции в диапазоне  $\pm\sigma_z$ ;  
 2 – эмпирические коэффициенты парной корреляции в диапазоне  $\pm 2\sigma_z$ ;  
 3 – линия регрессии  $r=f(\rho)$

**Рисунок 4** – ПКФ максимальных расходов воды дождевых паводков однородных районов Беларуси

В результате проведенных исследований подтвердилась гипотеза о четырех однородных районах синхронных колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков для территории Беларуси.

Для выделенных районов получены зависимости  $r = f(\rho)$ , которые можно представить следующей формулой:

$$r = -\alpha \cdot \rho + \beta, \quad (1)$$

где  $\rho$  – расстояние между центрами тяжести водосборов, км;  $\alpha$ ,  $\beta$  – эмпирические коэффициенты, представленные в таблице 2.7.

**Таблица 2** – Параметры уравнения (1)

Район	$\alpha \cdot 10^{-2}$	$\beta$	Коэффициент корреляции
I	0,113	0,804	0,51
II	0,167	0,881	0,77
III	0,103	0,786	0,47
IV	0,126	0,859	0,68

Таким образом, выделено четыре района с однородными ПКФ, границы которых совпали с районами синхронных колебаний максимальных расходов воды паводков, для которых получены соответствующие зависимости  $r = f(\rho)$ .

### **Заключение**

Проведено районирование территории Беларуси по синхронности многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков, основанное на построении матрицы парных коэффициентов корреляции. Выделены четыре района синхронных колебаний максимальных расходов воды паводков: Двинско-Днепровский, Неманский, Бугский и Припятский, для которых характерны сходные тенденции к изменениям величины паводков и чередование периодов с повышенным либо пониженным дождевым паводочным стоком. Внутрирайонные значения коэффициентов корреляции в пределах выделенных районов (0,68–0,76) свидетельствуют о высоком уровне синхронности многолетних колебаний.

### **Список литературы**

1. Ресурсы поверхностных вод СССР – Т. 5. – Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – Ч. 1, 2: Основные гидрологические характеристики. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 720 с.

2. Сакович, В.М. Районирование территории Северо-Запада и Карелии по синхронности многолетних колебаний минимального летне-осеннего стока / В.М. Сакович // Водные ресурсы Северо-Западного региона России: сб. науч. тр. // РГГМУ; под ред. А.М. Владимирова, В.Н. Воробьева – СПб.: Изд. РГГМУ, 1999. – Вып. 121. – С. 29–31.

УДК 556.512:556.135

## **ОЦЕНКА ВЛАГОЗАПАСОВ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ**

**Волчек А.А., Шпендик Н.Н.**

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, [shpendik@tut.by](mailto:shpendik@tut.by)

*Rational use of agro-climatic resources is a necessary part of the scientific study of measures to improve soil fertility. One of the indicators of soil fertility is the root layer humidity.*

### **Введение**

Огромное значение при исследовании водного режима территории принадлежит исходной информации. Исходная информация предопределяет не только методы исследования, но от нее в огромной мере зависит качество итога исследования.

Все более или менее приподнятые участки территории современной Беларуси были издавна покрыты лесной растительностью, под которой, в соответствии с климатом, и сформировались подзолистые почвы, составляющие



основной фон. На перифериях крупных низин и в условиях низкого естественного дренажа образовались почвы подзолисто-болотного типа. В сущности, эти типы образований и составляют основные черты почвенного покрова Беларуси.

### **Основная часть**

Земельный фонд республики составляет 20,76 млн. га. Земли сельскохозяйственного назначения на начало 2013 года занимают 8897,5 тыс.га. Важнейшим показателем качественного состояния геосистем является почвенный покров, который на территории Беларуси очень разнообразен. Это обусловлено типовыми отличиями, гранулометрическим составом почвообразующих и подстилающих пород, степенью увлажненности территории. В составе сельскохозяйственных земель преобладают дерново-подзолистые, автоморфные и заболоченные почвы (54,7 %). Наименьший удельный вес (0,2 %) составляют дерново-карбонатные почвы, это наиболее продуктивные почвы республики. Автоморфные дерново-подзолистые почвы занимают 45,1 % площади сельскохозяйственных земель. Они развиваются на всех почвообразующих породах в очень разнообразных условиях рельефа, образования пород, растительности, все это отражается на их внешнем виде и особенностях. Эти почвы сформировались в условиях промывного водного режима, особенность которого, в пределах республики, заключается в отсутствии постоянного стока влажности с проникновением ее к грунтовым водам. Сквозное промывание почвенной толщи происходит весной, во время снеготаяния и частично осенью, в период дождей. При этом в северных и северо-восточных районах республики промывной тип водного режима более выражен [1].

Дерново-подзолистые заболоченные почвы формируются в условиях продолжительного периодического переувлажнения поверхностными и грунтовыми водами, что приводит к формированию в их генетическом профиле глеевых пятен или цельных глеевых горизонтов. Эти почвы наиболее распространены в Витебской области, где они формируются на связных породах в условиях задержанного поверхностного стока. В южной части страны они также занимают значительные площади и приурочены к обширным песчаным низинам с близким залеганием грунтовых вод.

Дерновые заболоченные почвы наиболее распространены в южной части республики. Здесь они формируются в понижениях с неглубоким залеганием жестких грунтовых вод. В северной части республики эти почвы приурочены к нижней части склонов и встречаются небольшими участками.

Качественный состав минеральных почв определяется не только типовой принадлежностью, но и их гранулометрическим составом. Наиболее пригодные для сельского хозяйства легко- и среднесуглинистые почвы, которые имеют сравнительно устойчивый водный режим и большой запас питательных веществ. В республике суглинистые почвы занимают 20,1 % площади сельскохозяйственных земель. Самый высокий удельный вес этих почв в Витебской области (47,7 %). Менее всего суглинистых почв в Гомельской (4,1 %) и Брестской (3,8 %) областях, здесь сильно увеличивается удельный вес супесчаной и песчаной пахотной земли. В целом по республике в пахотных землях преобладают почвы супесчаного гранулометрического состава (45,6 %), из которых половина подстилается суглинками и глинами. Суглинистые почвы

обеспечивают лучшую водообеспеченность в силу высоких показателей наименьшей влагоемкости во все периоды вегетации. В условиях Беларуси именно суглинистые почвы, за небольшим исключением, хорошо поддаются окультуриванию. На супесчаных почвах, которые в сравнении с суглинистыми имеют большую динамичность водного режима, урожаи значительно уменьшаются. Самым низким уровнем урожайности характеризуются песчаные почвы, которые составляют пятую часть площади сельскохозяйственных земель республики (21,2 %), а в Брестской и Гомельской областях почти половину их площади (40,8 и 46,8 % соответственно). Они отличаются от суглинков и супесей низким потенциальным плодородием, неустойчивым водным режимом из-за высокой водопроницаемости. При этом недостаток влаги чаще всего наступает в период наибольшего потребления ее растениями. Поэтому в Брестской и Гомельской областях, где много легких почв, значительно чаще проявляются неблагоприятные последствия наступления засухи. Продуктивность легких по гранулометрическому составу почв сильно возрастает при подстилании на небольшой глубине маренными суглинками или другими плотными породами, которые способствуют сохранению продуктивной влажности в верхней части почвенного профиля. Песчаные почвы, подстилаемые суглинками, на территории республики занимают около 2 % площади сельскохозяйственных земель. [2, 3]. На рисунке 1 представлена почвенная карта Беларуси и станции гидрометеорологической сети, которые являются базой для изучения водного режима территории

Степень увлажнения – один из важнейших факторов, который обуславливает качественное состояние сельскохозяйственных угодий и особенно пахотных земель. Удельный вес минеральных, в разной степени переувлажненных земель составляет в республике 51,3 %. По областям этот показатель изменяется от 43,8 % в Гродненской области до 64,3 % в Витебской. Современное состояние почв и почвенного покрова определяется степенью антропогенной нагрузки на них.

Основными исходными данными при исследовании водного режима и влагообеспеченности послужили материалы наблюдений за влажностью почвы на метеостанциях Беларуси. В республике систематические наблюдения за влажностью почвы ведутся с 1950 года, вначале на 13 станциях гидрометеорологической сети, а в настоящее время на 49. В результате анализа материалов первичных наблюдений на полноту и продолжительность периода наблюдений для наших исследований было отобрано 44 метеостанции, ведущих систематические наблюдения за влажностью минеральных почв (рисунок 1).

Нами использовались данные наблюдений с 1959 по 2010 гг., однако, в связи с пропусками в рядах наблюдений за продуктивными влагозапасами, фактическая продолжительность временных рядов колеблется от 12 до 51 года и в среднем составляет 35 лет. В ряде случаев нами предпринималась попытка восстановления пропущенных величин методами парной и множественной корреляции, а также воднобалансовыми методами. В случае удовлетворительного результата полученная величина включалась во временной ряд. Исследуемый период охватывает различные по увлажнению годы и отражает среднемноголетние условия увлажнения почв в Беларуси.



1а – дерново-подзолистые, сильно эродированные суглинистые и супесчаные почвы;  
 1б – дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные эродированные почвы;  
 2 – дерново-подзолистые глинистые и тяжелосуглинистые, сильно заболоченные почвы;  
 3 – дерново-подзолистые пылевато-супесчаные почвы; 4 – дерново-подзолистые супесчаные почвы; 5 – дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные почвы; 6 – дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные почвы;  
 7 – дерново-подзолистые, сильно эродированные пылевато-суглинистые почвы;  
 8 – дерново-подзолистые пылевато-суглинистые и супесчаные почвы; 9а – дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные почвы; 9б – дерново-подзолистые супесчаные и песчаные почвы; 10 – дерново-подзолистые песчаные почвы;  
 11 – дерново-подзолистые пылевато-суглинистые и супесчаные почвы;  
 12 – дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные почвы; 13 – дерново-подзолистые заболоченные супесчаные почвы; 14 – дерново-подзолистые супесчаные почвы; 15а – дерново-подзолистые сильно заболоченные пылевато-суглинистые и супесчаные почвы; 15б – дерново-подзолистые пылевато-супесчаные и суглинистые почвы; 16 – дерново-подзолистые заболоченные супесчаные и песчаные почвы;  
 17а – торфяно-болотные и дерново-подзолистые заболоченные песчаные почвы;  
 17б – дерново-подзолистые заболоченные песчаные и торфяно-болотные почвы;  
 17в – дерново-подзолистые заболоченные супесчаные и торфяно-болотные почвы;  
 17г – дерновые заболоченные почвы; 18 – дерново-карбонатные почвы; 19а – дерново-подзолистые песчаные; 19б – дерново-подзолистые заболоченные супесчаные и песчаные почвы; 20 – дерново-подзолистые пылевато-суглинистые и супесчаные почвы.

Δ - агрометеорологические станции

**Рисунок 1** – Почвенная карта Беларуси и станции метеорологической сети

В таблице 1 представлен перечень станций гидрометеорологической сети, на которых ведутся наблюдения за продуктивными влагозапасами.

В 1966–1967 гг. в целях углубленного изучения закономерностей формирования водного режима сельскохозяйственных полей и речных водосборов начаты комплексные наблюдения на постоянных воднобалансовых участках. Наблюдения за влажностью почвы на них проводятся непрерывно в течение всего вегетационного периода и в комплексе с другими наблюдениями. Наблюдения ведутся согласно наставлению гидрометеорологическим станциям и постам [4]. Влажность почвы определяется ежедекадно термостатно-весовым методом в процентах веса абсолютно сухой почвы, затем рассчитываются влагозапасы в миллиметрах водного слоя. Водно-физические (агрогидрологические) свойства почв наблюдательных участков определяются согласно руководству по определению агрогидрологических свойств почв.

**Таблица 1** – Список станций гидрометеорологической сети, используемых в работе

Метеостанция	Метеостанция	Метеостанция
Барановичи	Верхнедвинск	Минск
Брагин	Высокое	Могилев
Ганцевичи	Витебск	Новогрудок
Горки	Гродно	Орша
Докшицы	Гомель	Ошмяны
Драгичин	Житковичи	Пинск
Брест	Жлобин	Полесская
Борисов	Ивацевичи	Полоцк
Березино	Костюковичи	Пружаны
Бобруйск	Кличев	Сенно
Василевичи	Лепель	Славгород
Воложин	Лельчицы	Слуцк
Вилейка	Лида	Шарковщина
Волковыск	Марьина Горка	Щучин
Любань	Лынтупы	

Наблюдения за влажностью почвы под сельскохозяйственными культурами на геосистемах ведутся с периода весенних полевых работ или посева до уборки, а под зерновыми культурами – осенью, с начала сева или с момента уборки предшествующей или парозанимающей культуры до поздней осени, а также весной и летом с возобновления вегетации до уборки. В холодный период влажность почв определяется на поле с озимой культурой 28 января и 25 февраля. Многие исследователи отмечают недостаточно высокую точность, а самое главное – малую представительность измерений для характеристики влажности почв больших территорий. Как указывают С.А. Вериго и Л.А. Разумова [5], погрешность наблюдений за запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы при определении их стандартным методом в среднем составляет 10–25 мм. А погрешность распространения данных наблюдательного участка на площадь хозяйства в среднем равна 19 мм и на площадь 1–3 районов – 35 мм. Предельная величина погрешностей соответственно равна 35 и 55 мм.

С учетом того, что сведения о влагозапасах почвы прежде всего необходимы для решения задачи влагообеспеченности сельскохозяйственных расте-

ний на больших посевных площадях, разноудаленных от местоположения наблюдательных участков (или метеостанций), основную ценность представляют не сведения о влагозапасах почвы в точке, а средние значения по некоторой территории. Такие данные характеризуют с некоторой ошибкой влагозапасы почвы в любой случайной точке рассматриваемой территории. Средний фон увлажнения почвы некоторого региона может быть получен по данным измерений влагозапасов почвы в  $n$  точках региона. Если величина осредненных влагозапасов почвы  $n$  станций остается верной в пределах заданной точности для любой точки рассматриваемого региона, можно считать, что она является репрезентативной, т.е. типичной для этой территории. Мерой репрезентативности во всех случаях является дисперсия, которая в идеальном случае должна соответствовать погрешности измерения или быть меньше. Для реального сильно варьирующего поля запасов продуктивной влаги оценка репрезентативности сводится к вычислению среднеквадратических ошибок осреднения влагозапасов почвы, которые характеризуют естественную изменчивость поля, надежность измерений, а также микроклиматическую неоднородность изучаемого поля в зависимости от площади поля и числа влагозамеров на ней.

Анализ исходных данных запасов продуктивной влаги показывает, что они весьма изменчивы. После весеннего снеготаяния, а также после обильных дождей почва насыщается влагой до наименьшей влагоемкости. Такое увлажнение считается оптимальным для растений

К середине вегетационного периода (июнь – июль), вследствие расходования почвенной влаги на суммарное испарение, запасы почвенной влаги снижаются. В отдельные периоды влагозапасы могут снижаться до влажности разрыва капиллярных связей и почвенная влага становится малодоступной растениям, а растения начинают угнетаться и при дальнейшем уменьшении влажности могут погибнуть. По имеющимся данным нами рассчитаны запасы продуктивных влагозапасов минеральных почв для каждой области Беларуси, при этом использовался подход, предложенный Плужниковым [6] (таблица 2).

**Таблица 2** – Данные о средних ресурсах продуктивной влаги в метровом слое минеральных почв по областям Беларуси (в средний по водности год)

Область	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Влагозапасы за вегетационный период, объем	
		з м /га	з км
Брестская	22,45	1030	2,31
Витебская	34,30	1655	5,67
Гомельская	32,80	1363	4,47
Гродненская	22,63	1262	2,85
Минская	32,93	1350	4,44
Могилевская	26,42	1978	5,23
Беларусь	171,53	8638	24,97

### **Заключение**

Выполненный анализ почвенных влагозапасов позволил выявить их пространственные различия, а также дать количественную оценку ресурсам продуктивной влаги в средний по водности год. Различия в почвенных влагозапасах

обусловлено механическим составом преобладающих почв в каждой области. Так, по площади минеральных земель практически одинаковые, Брестская и Гродненская области имеют разные влагозапасы. В связи с тем, что на территории Брестской области преобладают легкие по механическому составу почвы (доля песчаных почв пашни 46,5 %, супесчаных 37,5 %) почвенные влагозапасы ниже, чем в Гродненской, где более тяжелые почвы (доля песчаных почв пашни 15,2 %, супесчаных 80,8 %), а как известно тяжелые почвы в отличие от легких способны накапливать и удерживать большее количество влаги.

### **Список литературы**

1. Наблюдения на гидрометеорологической сети СССР. Определение понятий гидрометеорологических элементов и оценка точности наблюдений. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 91 с.

2. Почвы Беларуси: учеб. пособие для студентов агрономических специальностей учреждений, обеспечивающих получение высшего образования / А.И. Горбылева [и др.]; под ред. А.И. Горбылевой. – Минск: ИВЦ Минфтн, 2007. – 184 с.

3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. – Вып. 11 Агрометеорологические наблюдения на станциях и постах. – Часть I. Основные агрометеорологические наблюдения Гидрометеоиздат, 1985. – 316 с.

4. Наблюдения на гидрометеорологической сети СССР. Определение понятий гидрометеорологических элементов и оценка точности наблюдений. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 91 с.

5. Вериги, С.А. Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве / С.А. Вериги, Л.А. Разумова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 328 с.

6. Плужников, В.Н. Водные ресурсы Беларуси, их использование и охрана / В.Н. Плужников, М.В. Фадеева, В.И. Бучурин // Природные ресурсы. – №1. – 1996. – С. 24–29.

УДК 502.55

## **ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КОБРИНСКОГО РАЙОНА**

**Гертман Л., Рутковский П.**

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Беларусь, [lubov.hertman@yandex.by](mailto:lubov.hertman@yandex.by)

*Article is devoted to the development of activities to improve the ecological status of water bodies in the Kobrin raion (Brest region, Belarus). The article contains results studies of the current state of water bodies and sources of pollution.*

### **Введение**

Оценка экологического состояния водных объектов Кобринского района вызвана необходимостью разработки мероприятий по снижению масштабного негативного антропогенного воздействия на водные объекты района, вызванного их многоцелевым использованием.

В настоящее время большинство водотоков района канализовано и является частью мелиоративных систем, что приводит к определенным изменениям водного режима и качества поверхностных вод. Примером может служить реконструкция гидроузлов Днепровско-Бугского канала в г. Кобрин, которая привела к изменению уровней грунтовых вод и вызвала затопление и подтопление прилегающих сельскохозяйственных земель и приусадебных участков.

В районе на 34 % общей площади земель проведена осушительная мелиорация, 62 % сельскохозяйственных земель района мелиорированы, причем из них 53 % используется по пашню. В сложившейся ситуации происходит изменение соотношения грунтовой и поверхностной составляющих стока, его внутригодового распределения, степени и характера поступления загрязняющих веществ в поверхностные воды.

### **Качество поверхностных вод и основные источники их загрязнения**

Наблюдения за качеством поверхностных вод в Кобринском районе на стационарной сети мониторинга окружающей среды (НСМОС) ведутся выше и ниже г. Кобрин на р. Мухавец.

Пункт мониторинга качества поверхностных вод, расположенный в 1,8 км выше Кобрин, характеризует поступление загрязняющих веществ с северной части района с водосбора р. Мухавец (Старый Мухавец) и Королевского канала. Общая контролируемая площадь водосборной территории составляет около 72500 га. На этой территории расположены 36 объектов животноводства, 17600 га мелиорированных сельскохозяйственных земель и 82 населенных пункта.

Пункт мониторинга, расположенный в 1,7 км ниже г. Кобрин, характеризует качество поверхностных вод, с учетом поступающих дополнительно с водосборной территории площадью 97200 га. На этой территории расположены 27 объектов животноводства, 32500 га мелиорированных сельскохозяйственных земель и 49 населенных пункта, включая г. Кобрин.

В целом по индексу загрязненности воды (ИЗВ) вода р. Мухавец характеризуется как относительно чистая или умеренно загрязненная. ИЗВ изменяется незначительно из года в год от 0,9 до 1,1 выше и ниже города.

По данным наблюдений для отдельных ингредиентов с 2010 г. по 2012 г. отмечается высокое содержание биогенов выше города и превышение среднегодовых ПДК воды рыбохозяйственных водных объектов [3] для азота аммонийного, азота нитритного, железа общего, цинка выше и ниже города.

Для выявления причин высокого содержания биогенов в воде выше города проведен анализ данных ежемесячных наблюдений в 2012 г. Выше города высокие концентрации фосфат-иона отмечаются практически по всем месяцам, кроме февраля и июня, азота аммонийного – в феврале, апреле, октябре; азота нитритного – в марте, апреле, июле и августе; азота нитратного – в январе, августе, октябре-декабре. В эти периоды ниже г. Кобрин отмечается снижение концентраций перечисленных соединений. Такое соотношение концентрации биогенов выше и ниже города позволяет предположить, что главным источником поступления соединений фосфора и азота являются рассредоточенные источники – сельскохозяйственные земли.

В меженные периоды за счет сточных вод города формируется преимущественно загрязнение азотом нитритным. В летние месяцы в периоды паводков, а также в периоды половодья отмечаются высокие концен-

трации азота нитритного в поверхностных водах выше города за счет активного их выноса с сельскохозяйственных угодий.

В Кобринском районе в 2012 г. водозабор осуществлялся 39 предприятиями, отчитывающихся по форме 1-Вода (Минприрода), из которых только 3 предприятия отводили сточные воды в водные объекты: КУПП "Кобринрайводоканал" г. Кобрин, ОАО "Киселевцы" Кобринский район, Крестьянское (фермерское) хозяйство "Охримук" Кобринского района. Из них только сточные воды КУПП "Кобринрайводоканал" г. Кобрин требуют очистки.

Анализ влияния сточных вод КУПП "Кобринрайводоканал" на качество воды реки Мухавец проводился на основе данных локального мониторинга ИАЦ РЦРКМ за 2010-2012 гг. Анализировались концентрации ежемесячных наблюдений за качеством сточных вод и воды реки выше и ниже выпуска сточных вод.

В целом содержание загрязняющих веществ в сточных водах находится в пределах допустимых концентраций, установленных в разрешении на специальное водопользование.

Результаты наблюдений свидетельствуют о постоянно высоком содержании нефтепродуктов в воде р. Мухавец. Для качества воды р. Мухавец характерно также постоянное превышение содержания соединений группы азота, в первую очередь азота аммонийного, до 7,5 ПДК, и железа общего – до 7 ПДК.

Влияние сточных вод на качество воды в р. Мухавец выражается в увеличении концентрации соединений группы азота (нитритного и нитратного) ниже выпуска сточных вод, где установлены концентрации в 1,2 раза большие, чем выше по течению. В отдельных случаях отмечается увеличение до 2 раз.

Следует отметить, что в период активного снеготаяния при поступлении азота (в первую очередь аммоний-иона) с рассредоточенным поверхностным стоком с сельскохозяйственных угодий происходит снижение концентрации азота в реке за счет разбавления сточными водами КУПП "Кобринрайводоканал".

В ходе выполнения исследований установлено, что большинство потенциально опасных источников загрязнения поверхностных вод – это животноводческие фермы. Многие из них не имеют полностью оборудованных навозохранилищ, а прямой вывоз навоза на поля не проводится из-за отсутствия транспорта и топлива, вследствие чего навоз накапливается на территории ферм. Кроме того, в условиях густой сети мелиоративных каналов объекты животноводства зачастую расположены в непосредственной близости к водотокам. Выпас скота организован также в пределах водоохранных зон (ВЗ) и прибрежных полос (ПП) водотоков.

В таких условиях для разработки конкретных мер снижения влияния объектов животноводства на качество водных ресурсов необходимы детальные исследования для оценки степени их влияния с учетом особенностей каждого из них.

### **Мероприятия по снижению негативных антропогенных воздействий на водные объекты**

В целом все мероприятия можно разделить на две группы: бассейновые и объектные.

*Бассейновые мероприятия* распространяются на весь бассейн реки и носят долговременный характер их осуществления.



Исходя из условий формирования стока рек, морфологического строения долинного комплекса и его хозяйственной освоенности к бассейновым мероприятиям относятся следующие:

1. Установление оптимального соотношения площади лесов, пашни и луговых угодий на водосборе (как показывает опыт, такое соотношение считается оптимальным при соблюдении примерно таких показателей 30:30:30).

2. Соблюдение сроков и режима подкормки сельскохозяйственных культур, обеспечивающих уменьшение концентрации химических элементов в водах.

3. Замена сильно растворимых минеральных удобрений на менее растворимые, гранулированные и микрокапсулированные удобрения.

К основным *объектным мероприятиям* относятся мероприятия, воздействие которых проявляется в пределах отдельно взятого объекта и прилегающей к нему территории.

Практически для большинства животноводческих комплексов необходимо проведение реконструкции с внедрением таких технологических схем навозоудаления, которые, в конечном счете, позволяют использовать отходы для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Наиболее приемлема в этом отношении технологическая схема безводного удаления навоза или с существенным сокращением потребления свежей воды при устройстве отстойников.

Важными элементами защиты водных ресурсов от загрязнения являются:

- обвалование объекта: ограждение объекта земляными дамбами, высота которых зависит от уровня режима реки в маловодный период;

- вынос потенциально опасных объектов (складов минеральных удобрений, ядохимикатов, непригодных к использованию, производственных помещений машинно-тракторных мастерских и заправочных станций) за пределы ВЗ и ПП при нецелесообразности использования объекта;

- ликвидация летних лагерей крупного рогатого скота на пойменных территориях;

- для предотвращения попадания в грунтовые воды нефтепродуктов и животноводческих стоков рекомендуется устройство покрытия в виде асфальтирования территории объекта;

- периодический контроль за состоянием территории объекта рекомендуется для организаций, которые работают в сезонном режиме, а систематический – для постоянно действующих;

- оборудование водонепроницаемых навозохранилищ.

Существенным фактором улучшения экологического состояния водных ресурсов является практическая реализация потенциальных возможностей ВЗ и ПП водных объектов, хозяйственная деятельность на которых регулируется Водным кодексом Республики Беларусь [1] и Законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» [2], а также СанПиН 2.1.2.12-33-2005 Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения [6]. Необходимо отметить, что всего на территории Кобринского района проекты ВЗ и ПП разработаны в 1987 и 1989 гг. для 10 малых рек, а в 1995 г. – для 10 водоемов, и требуется их корректировка.

Для улучшения качества поверхностных вод для КУПП «Кобринводоканал» можно рекомендовать к реализации следующие мероприятия:

- глубокая очистка сточных вод для снижения объема взвешенных веществ;

- внедрение средств автоматизации контроля концентрации активного ила и нагрузки на активный ил по органическим показателям для снижения биогенных веществ, в первую очередь соединений азота;
- повышение эффективности очистки сточных вод от соединений азота и фосфора;
- внедрение современных технологий по утилизации осадка (производство топлива, сжигание осадка, строительство метантенков);
- замена системы аэрации в аэротенках с созданием условий для более эффективного удаления азот- и фосфорсодержащих загрязнений.

Для снижения поступления загрязняющих веществ с территории населенных пунктов предлагается организовать очистку поверхностного стока в г. Кобрин с созданием локальных очистных сооружений.

### **Выводы**

В качестве первоочередных мероприятий, направленных на улучшение экологического состояния и использования водных ресурсов водных объектов Кобринского района, можно рекомендовать следующие:

- осуществить корректировку разработанных в 1988–1989 годах проектов ВЗ и ПП с учетом требований современной нормативной базы;
- провести анализ эффективности реализации правил ведения хозяйственной деятельности на водоохранных территориях;
- не допускать использования устаревших технологий при строительстве, реконструкции и эксплуатации животноводческих комплексов;
- упорядочить хозяйственную принадлежность водных объектов;
- провести модернизацию очистных сооружений КУПП «Кобринводоканал» для снижения поступления биогенов в р. Мухавец;
- организовать отведение поверхностного стока в г. Кобрин через локальные очистные сооружения;
- при определении путей использования водных объектов в целях рыборазведения и рыболовства руководствоваться требованиями, изложенными в Постановлении Совета Министров Республики Беларусь от 20 февраля 2007 г. № 220 [4];
- оборудовать системы водоотведения в сельских населенных пунктах в соответствии с Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 15 мая 2012 г. № 48 [5].

### **Список литературы**

1. Водный кодекс Республики Беларусь: Закон Республики Беларусь от 15 июля 1998 г. № 191-З (с изменениями и дополнениями).
2. Об охране окружающей среды: Закон Республики Беларусь от 26.11.1992 г. № 1982-XII (с изменениями и дополнениями).
3. О внесении изменений и дополнения в постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 8 мая 2007 г. № 43/42: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 24 декабря 2009 г. № 70/139 (в редакции постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь 24.12.2009 № 70/139).

4. Об утверждении Республиканской комплексной схемы размещения рыболовных угодий: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 20 февраля 2007 г. № 220 (с изменениями и дополнениями).

5. Об утверждении Санитарных норм и правил Требования к системам водоотведения населенных пунктов: Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь и признании утратившим силу постановления Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 16 декабря 2005 г. № 227 от 15 мая 2012 г. № 48.

6. Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения: СанПиН 2.1.2.12-33-2005.

УДК 556.16(282.247.23)

## **ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА МАЛОЙ РЕКИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УРБАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ ВОДОСБОРА НА ПРИМЕРЕ РЕКИ МЫШКА**

**Гигевич Б. А., Шариков А. П.**

РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» (РУП «ЦНИИКИВР»), г. Минск, Республика Беларусь, rutkovskip@mail.ru

*The article is about changes of hydrological regime of small river under the impact of urbanization of catchment area by the example of the river Myshka*

### **Введение**

Анализ современного состояния территории водосбора малой реки Мышка в бассейне реки Свислочь, протекающей в пределах г. Минска, показывает, что произошли существенные изменения условий формирования ее стока. Если суммарный объем стока с территории водосбора существенно не изменился, то расходный и уровенный режим непосредственно самой р. Мышка претерпел значительные изменения. Это связано с широкой урбанизацией территории водосбора, устройством разветвленной сети ливневой канализации. Активная часть водосбора, сток с которой поступал непосредственно по длине реки, значительно уменьшилась.

Целью исследований является определение изменений характеристик водосбора под влиянием проведения интенсивной урбанизации его территории и расчет гидрологических характеристик для различных фаз стока.

### **Характеристика водосбора и стока р. Мышка в естественных и современных условиях**

По градации, принятой в справочнике «Основные гидрографические характеристики малых водотоков и их водосборов. Белоруссия и верхнее Поднепровье», Минск 1975 г., р. Мышка относится к категории самых малых водотоков.

На основании обработки топографических карт, а также при обследовании на местности установлено, что исток р. Мышка расположен в 0,15 км юго-западнее перекрестка ул. Ковалева и ул. Новая. Русло реки в верховье не везде прослеживается. Сток в верхнем течении осуществляется по дну вытянутой ложбины с отметками дна 217,80-218,19 м БС. В створе пересечения начинаю-

щегося водотока с ул. Михалово-Ковалева установлено еле заметное течение воды. В верховье река состоит из цепочки русловых прудов, сток между которыми осуществляется как по низким отметкам заболоченного, заросшего камышом и кустарником основного тальвега, так и по сформированному руслу.

На участке пр. Дзержинского – ул. Железнодорожная русловой сток нарушен в связи со строительством открытым способом очередной станции метро и дорожностроительными работами. Поэтому русловой сток реки временно осуществляется по ж/б трубам в обход этого строительного участка. Ниже створа ул. С. Ковалевской и до устья русловая сеть реки осуществляется по естественному руслу.

На левобережном склоне долины расположены скважины водозабора «Петровщина».

Правобережный пологий склон долины реки застроен одноэтажными частными домами и многоэтажными зданиями.

Пойма здесь двухсторонняя: правобережная – шириной 75–100 м ровная с участками заросшими деревьями; левобережная – шириной 50–100 м кочковатая, частично заболоченная, покрыта редким кустарником и отдельными деревьями. Русло реки извилистое шириной 0,5–4,5 м захлаплено, заросло высшей водной растительностью, глубина воды в межень 0,10–0,30 м. Берега супесчаные, высотой от 0,2 до 2 м, крутые, густо заросшие кустарником и деревьями. Дно вязкое, илисто-песчаное, при переходе в русловой прудилисто-торфянистое.

В нижнем течении пойма р. Мышка заросла кустарником и деревьями, ширина 150–200 м, отметки заболоченной поверхности 204,0–204,6 м БС. На участке расположен ряд пойменных и русловых прудов, заросших высшей водной растительностью (тростник, камыш).

Для оценки влияния урбанизации на характер водосбора был использован картографический материал, охватывающий послевоенный период.

Анализ картографического материала показал, что до 60-х годов XX века территория водосбора р. Мышка застраивалась медленно. Преобладала частная усадебная застройка с низким развитием инфраструктуры, отсутствием организованного отвода поверхностного стока.

В 60-70-х годах прошлого века территория водосбора активно застраивалась, возникли на карте города крупные микрорайоны «Юго-Запад» и «Малиновка». Впоследствии вырос микрорайон «Запад», застраивается микрорайон «Сухарево», занимающий значительную часть водосбора.

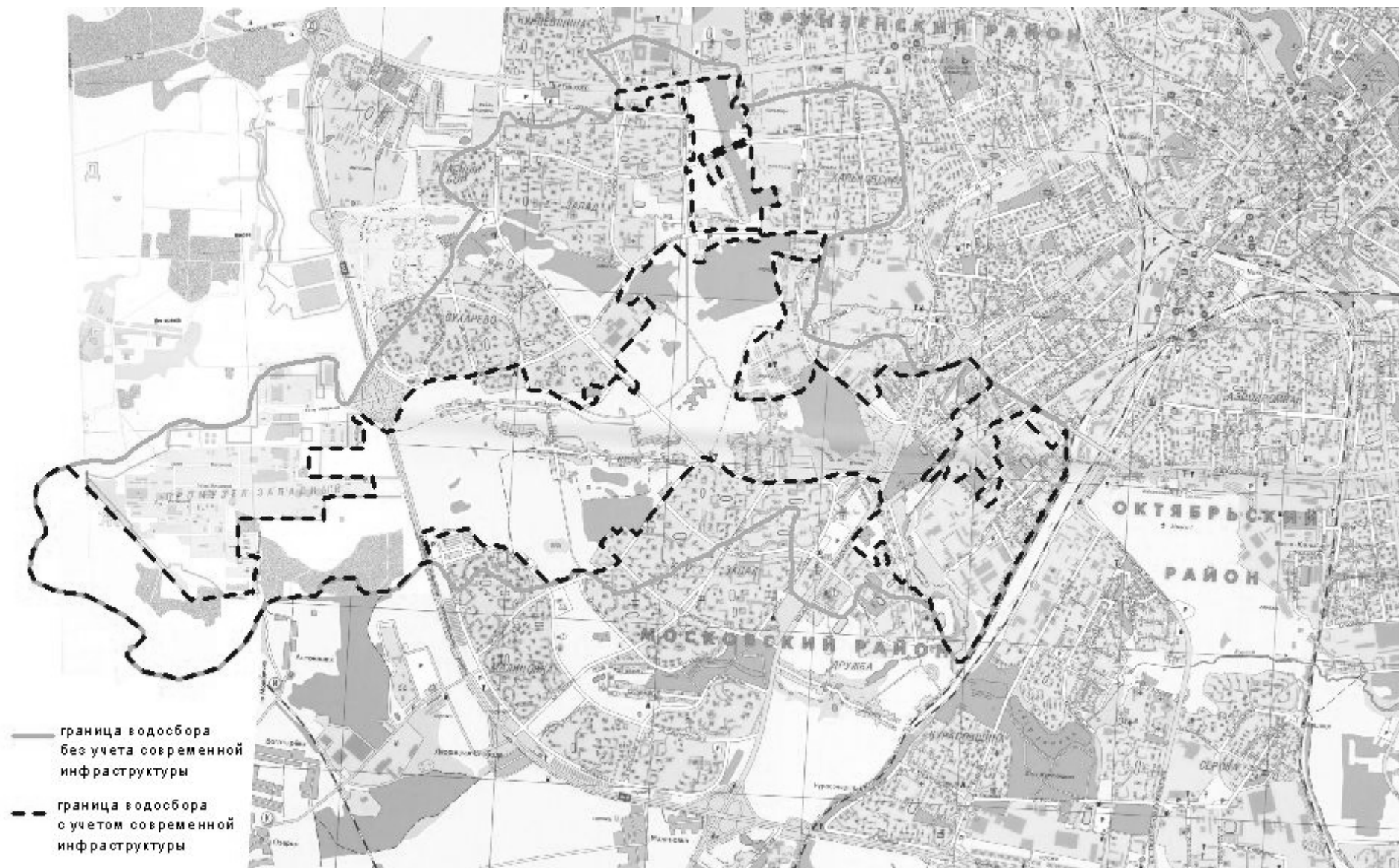
Современная территория водосбора в районе улиц Притыцкого, Одоевского, Пономаренко, Горецкого, Гурского, Алибегова, Я. Брыля, Л. Сапеги, Я. Мавра отличается высокоплотной застройкой.

На рисунке 1 приведены границы бассейна реки Мышка для естественных условий и с учетом сложившейся в настоящее время градостроительной ситуации.

Существенную роль в перераспределении поверхностного стока в бассейне р. Мышка оказывает коллекторная сеть ливневой канализации.

Коллектор «Запад» вводился в эксплуатацию поэтапно, начиная с 1966 по 1977 г. Коллектор берет свое начало у Раковского шоссе (микрорайон «Кунцевщина»), проходит по водосбору р. Мышка и впадает в пруд-отстойник вблизи устья. Протяженность коллектора «Запад» составляет 12,8 км, а площадь водосбора – 51,02 км<sup>2</sup>.

В зону влияния коллектора «Запад» на водосборе реки Мышка входят следующие территории: район прилегающих улиц Притыцкого, Одоевского, Пономаренко, Гурского, Янки Мавра, а также микрорайонов Кунцевщина, Запад, Красный Бор, Сухарево.



*Рисунок 1 – Карта-схема водосбора р. Мышка*

Введенный в эксплуатацию в 1980 г. коллектор с началом у ТЭЦ-4 и протяженностью 7,3 км, врезается в коллектор «Запад» вблизи устья р. Мышка. Эта коллекторная ветка отводит поверхностный сток с ТЭЦ-4 и прилегающей промзоны и частично с микрорайонов Красный Бор, Запад, Сухарево, Юго-Запад, район улиц Пономаренко, Одинцова, Одоевского.

Коллектор 2-го порядка проложенный от ул. Притыцкого до ул. Железнодорожная перехватывает поверхностный сток воды в районе этих улиц включая, ул. Жукова.

На водосборе р. Мышка имеется также ряд коротких коллекторов с самостоятельными выпусками в р. Мышка.

Как видно из приведенного рисунка 1, площадь водосбора, сток которого непосредственно разгружается в реку Мышка, существенным образом изменилась (таблица 1).

**Таблица 1 – Характеристика бассейна р. Мышка**

Створ	Расстояние от истока, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	
		в естественных условиях	с учетом современной инфраструктуры
Пр. Дзержинского	2,9	27,82	13,5
Устье р. Мышка	5,4	31,5	16,7

Как видно из приведенных в таблице данных, в результате урбанизации площадь поверхностного стока с водосбора р. Мышка существенно уменьшилась.

Расчетные максимальные расходы воды весеннего половодья заданной ежегодной вероятностью превышения определены как без учета сложившейся градостроительной инфраструктуры, так и с учетом влияния урбанизации территории (таблица 2).

**Таблица 2 – Максимальные расходы воды весеннего половодья р. Мышка в естественных и современных условиях, м<sup>3</sup>/с**

№ п/п	Обеспеченность, %						
	1	2	3	5	10	25	50
Естественные условия							
1	19,82	17,32	15,30	13,38	10,99	7,14	4,65
Современное состояние							
2	11,08	9,68	8,55	7,48	6,14	3,99	2,60

Ординаты кривой обеспеченности среднегодовых расходов воды р. Мышка в естественных и современных условиях приведены в таблице 3.

**Таблица 3 – Среднегодовые расходы воды весеннего половодья р. Мышка в естественных и современных условиях, м<sup>3</sup>/с**

№ п/п	Обеспеченность, %						
	1	10	25	50	75	95	97
Естественные условия							
1	0,470	0,321	0,250	0,186	0,136	0,082	0,072
Современное состояние							
2	0,214	0,146	0,114	0,085	0,062	0,038	0,032

Расчетные значения максимальных расходов воды дождевых паводков приведены в таблице 4.

**Таблица 4 – Максимальные расходы воды дождевых паводков в естественных и современных условиях, м<sup>3</sup>/с**

№ п/п	Обеспеченность, %					
	1	2	3	5	10	25
Естественные условия						
1	7,91	6,66	5,93	5,20	4,03	2,58
Современное состояние						
2	3,13	2,64	2,35	2,07	1,60	1,02

Приведенные данные показывают, что в результате проведения ширококомасштабных градостроительных работ существенным образом изменилась активная площадь водосбора реки Мышка. Строительство таких крупных микрорайонов, как Юго-Запад, Малиновка, Запад, Сухарево, застройка кварталов улиц Притыцкого, Гурского и других полностью перераспределили поступление талого и дождевого стока в реку Мышка на всем ее протяжении от истока до устья. Практически половина водосбора охвачена в настоящее время дождевой канализацией.

Сложившаяся градостроительная ситуация привела к уменьшению максимальных расходов в расчетном створе. Так, максимальный расход воды 1 % обеспеченности, рассчитанный для современного состояния бассейна, 10,99 м<sup>3</sup>/с, что составляет 56 % от максимального расхода при естественном состоянии территории водосбора.

### **Заключение**

Полученные результаты показывают, что влияние урбанизации городской территории в бассейне малой реки Мышка проявляется для разных гидрологических фаз стока:

- расходы воды весеннего половодья в расчетных створах, расположенных выше выхода дождевой канализации, понизились по сравнению с естественными на 44–46%;
- расходы воды летне-осенних паводков, в зависимости от интенсивности и продолжительности выпадения дождей, на 40–60%;
- на всем протяжении реки понизились уровни свободной поверхности и скорости течения воды, изменилась скоростная структура потоков;
- из-за снижения проточности возросла зарастаемость русловых и пойменных прудов высшей водной растительностью.

Это влияние необходимо учитывать при определении путей хозяйственного использования территории водосбора, максимально сохраняя при этом водные ресурсы малых рек.

### **Список литературы**

1. Барышников, Н.Б. Речные поймы. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 151 с.
2. Ковалев, Л.М. Расчеты зимнего стока рек с ледяным покровом. – Л.-М.: Госэнергетическое издательство, 1950. – 104 с.
3. Спицин, И.П. Общая и речная гидравлика / И.П. Спицин, В.А. Соколова. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 360 с.
4. Нежиховский, Р.А. Гидрологические расчеты и прогнозы при эксплуатации водохранилищ. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 192 с.

5. Определение расчетных гидрологических характеристик П 1-98 к СниП 2.01.14-83. – Минск: Издательство Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2000. – 174 с.

6. Клибашев, К.П. Гидрологические расчеты / К.П. Клибашев, И.Ф. Горошков. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 460 с.

7. Булавко, А.Г. Определение расчетного испарения с водохранилищ Беларуси. НТИ «Мелиорация и водное хозяйство» – Мн.: Ураджай, 1979. – № 8. – С. 16–19.

8. Справочник по гидравлическим расчетам / Под редакцией П.Г. Киселева. – Изд. 4, переработанное и дополненное. – М.: Энергия, 1972. – 312 с.

УДК 621-224-225.14

## **ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКА ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ ДИФFUЗОРА**

**Громик Н.В., Водчиц Н.Н., Стельмашук С.С.**

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь [vig\\_bstu@tut.by](mailto:vig_bstu@tut.by)

*This article describes the input and output characteristics of hydraulic circular cylindrical diffuser at the exit from the network.*

### **Введение**

При проектировании проточных трактов гидроэнергетических установок используются диффузоры в качестве отсасывающих труб гидротурбин, компоненты блока насосной станции с осевым насосом с камерным отводом, переходные участки. Выбор того или иного диффузора с положительными гидравлическими характеристиками требует проведения экспериментальных исследований, так как теоретически невозможно их рассчитать из-за сложности течения потока в диффузоре.

### **Результаты исследования**

Для перехода от меньшего сечения трубы к большему (преобразование кинетической энергии потока в энергию давления) с минимальными потерями полного давления устанавливается плавно расширяющийся участок – диффузор. Вследствие того, что в диффузоре с ростом площади поперечного сечения средняя скорость потока при увеличении угла расширения до определенных пределов падает, общий коэффициент сопротивления диффузора становится меньшим, чем для той же длины участка трубы постоянного сечения с площадью, равной начальной площади сечения диффузора.

Начиная с некоторого угла расширения диффузора заданной длины, дальнейшее увеличение этого угла значительно повышает коэффициент сопротивления, так что он становится во много раз больше, чем для прямой трубы. Это происходит из-за усиливающимся турбулентным перемешиванием потока, отрывом пограничного слоя от стенок диффузора и связанным с этим



сильным вихреобразованием. Согласно уравнению Бернулли, с увеличением скорости возрастает положительный градиент давления вдоль диффузора, и пограничный слой отрывается.

Начало отрыва в диффузоре зависит как от его геометрических параметров, так и от режима течения (числа Рейнальдса и Маха) и состояния потока на входе.

Анализируя вышеизложенное, можно сказать, что сопротивление диффузора зависит от входных характеристик потока, длины его, угла конусности и условий выхода. Если поток выходит из сети, кинетическая энергия выходящей струи всегда теряется для этой сети, поэтому в общем случае потери выхода складываются из внутренних потерь в выходном участке  $\Delta P_{\text{вн}}$  и потерь скоростного (динамического) давления  $\Delta P_{\text{ск}}$  струи, выходящей из сети.

$$\Delta P = \Delta P_{\text{вн}} + \Delta P_{\text{ск}} \quad (1)$$

Если сеть заканчивается диффузором, то коэффициент сопротивления выхода, приведенный к скорости в узком сечении, определяется по формуле

$$\zeta_{\text{д}} = \zeta_{\text{вн}} + \zeta_{\text{ск}} \quad (2)$$

Поле скоростей на выходе не бывает равномерным, потому скоростное давление определяется с учетом коэффициента Кориолиса

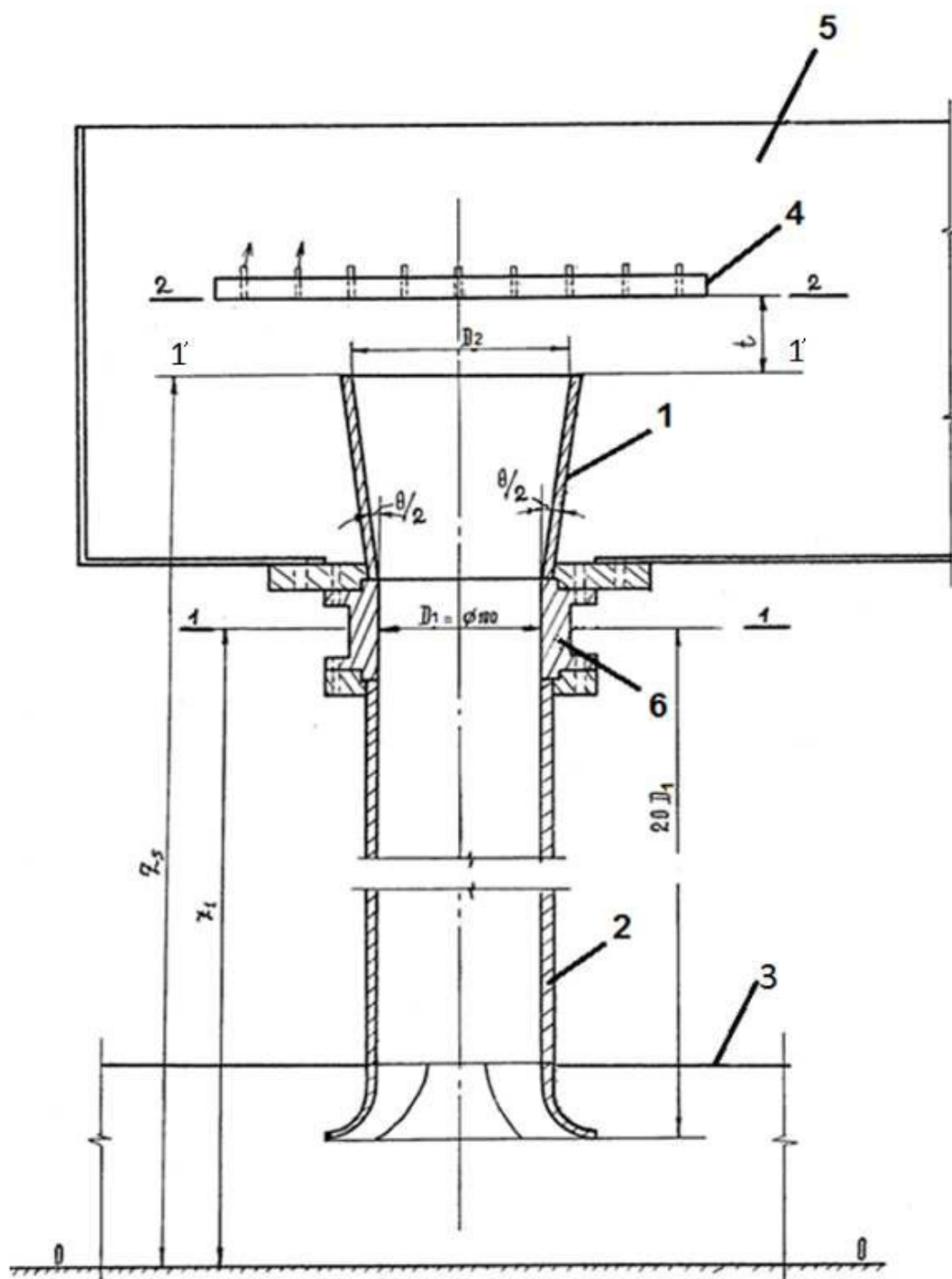
$$\Delta P_{\text{ек}} = \frac{1}{n_1^2} \cdot \alpha, \quad (3)$$

где  $n_1$  – степень расширения выходного участка;  $n_1 = \frac{F_2}{F_1}$ .

Здесь  $F_1$  и  $F_2$  – соответственно площадь входного и выходного сечений диффузора.

Для определения коэффициента Кориолиса была проведена серия опытов для круглоцилиндрического диффузора с центральным углом конусности  $Q=8^\circ$  и относительной длины  $\frac{D_2}{D_1}=1,5$  (здесь  $D_1$  – входной диаметра диффузора) со степенью расширения  $n_1=1,45$  и  $D_2=120,5$  мм – выходной диаметр.

Исследование выходных характеристик потока было выполнено на установке, схема которой приведена на рисунке 1. Исследуемый диффузор 1 был установлен вертикально вверх в камере 5 со специально устроенным окном для наблюдения за выходящей струей. Перед входом потока в диффузор установлена калиброванная вставка 6, в которой производились измерения с помощью гидродинамической трубки с тремя отверстиями и лимбом для определения ориентировки вектора осевой скорости. Вода к испытываемой модели подводилась по трубе 2 из оргстекла диаметром  $D_1=100$  мм. Вход в трубу из напорного бока 3 в трубу с закругленными кромками. Удельная энергия потока определялась в сечениях 1-1 и 1'-1'.

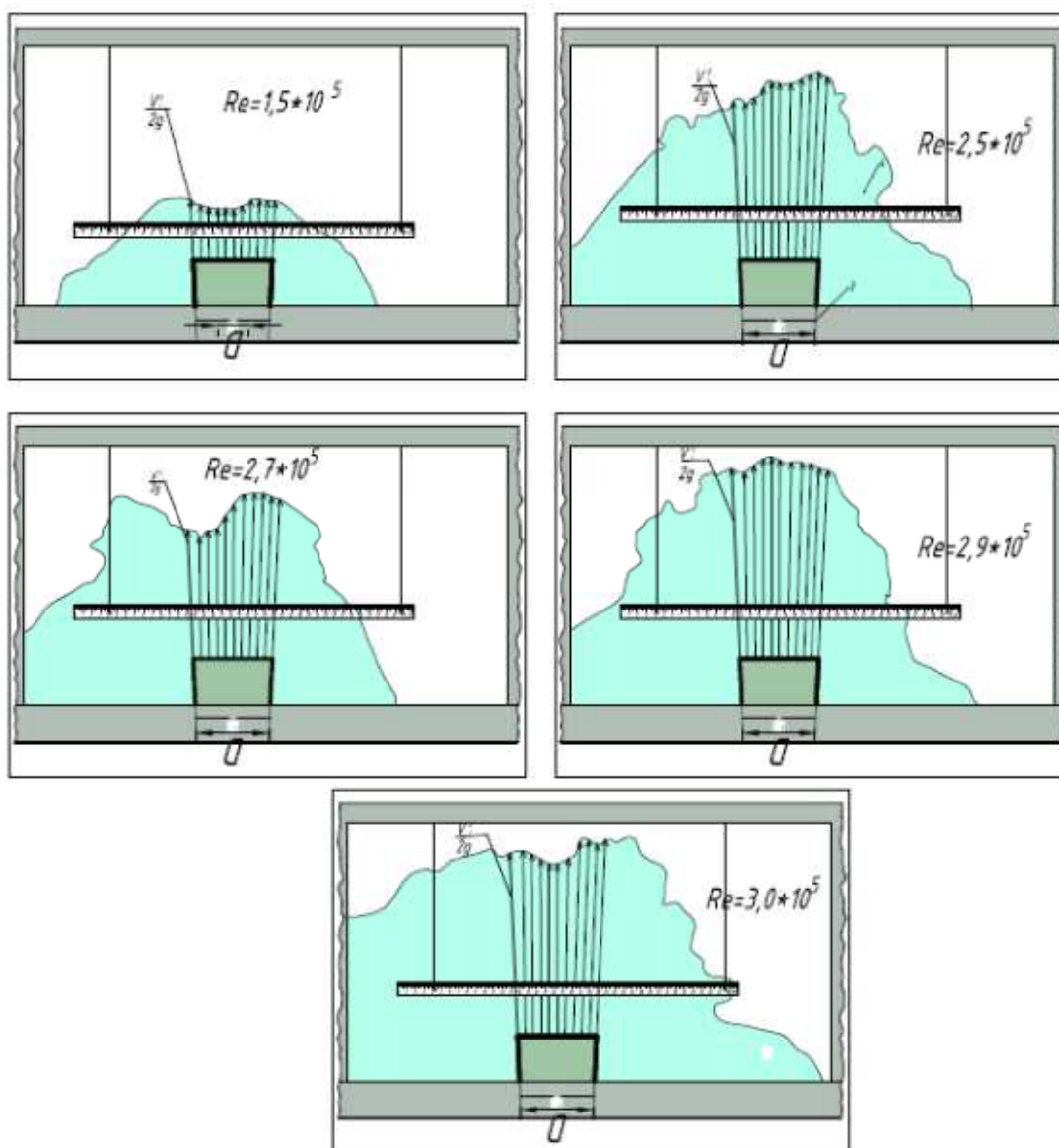


1 – диффузор; 2 – подводящая труба; 3 – подводящий бак; 4 – экран с пьезометрами;  
 5 – отводящая камера; 6 – калиброванное отверстие  $D_1=100$  мм;  
 1-1 и 2-2 – сечения, в которых производятся измерения

**Рисунок 1** – Схема экспериментальной установки

Выходящая струя из диффузора в атмосферу фотографировалась, а затем с помощью компьютера обрабатывалась. Фотографии ретушировались и на рисунке 2 представлены оцифрованными. Нужно отметить, что при выходе потока в атмосферу струя непрерывно изменяла контуры, периодически повторяя их. Непостоянство истечения приводило к вибрации всей установки, и требовалось дополнительное гашение энергии в баке для устранения вибрации. Это объясняется поочередным отрывом потока от стенок диффузора.

Опыты проводились при различных числах Рейнольдса. Они колебались в пределах от  $Re=1,5 \cdot 10^5$  до  $Re=3,0 \cdot 10^5$ .

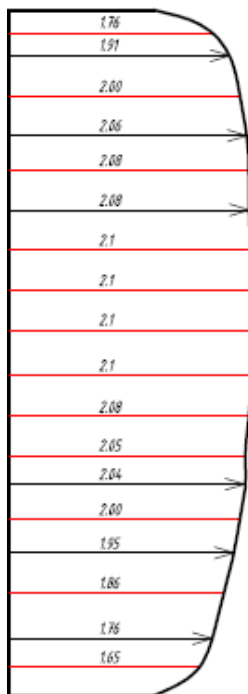


**Рисунок 2** – Поток выходящий из диффузора в атмосферу без экрана

Как видно из рисунка 2, струя имеет различную форму. Обработанные параметры струи позволили определить коэффициент Кориолиса. Величина скоростного напора в различных точках сечения определена графическим способом с учетом искажения масштаба. Для этого в отводящую камеру помещена масштабная линейка. Результаты расчетов показали, что коэффициент Кориолиса значителен и колеблется от  $\alpha=1,18$  до  $\alpha=1,28$ , хотя режим истечения находится в квадратичной области сопротивления.

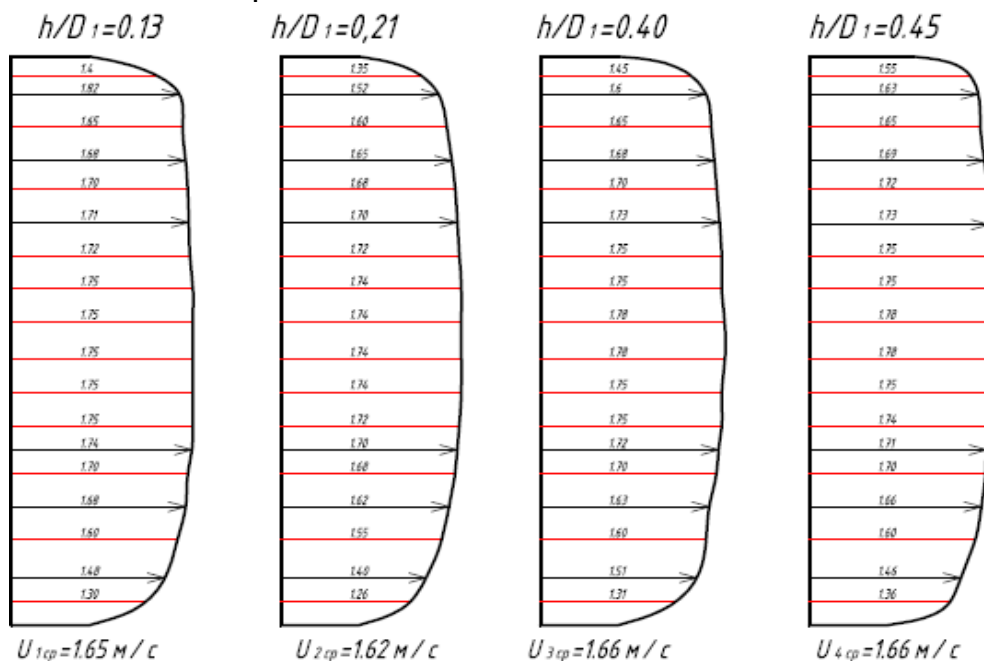
Как было установлено [1,2], установка экрана на выходе из диффузора способствует уменьшению потерь. Существует оптимальное расстояние расположения экрана от выходного сечения, при котором потери минимальны. Экран за диффузором создает подпор, заставляющий поток растекаться по сечению, что, очевидно, приводит к уменьшению области отрыва потока, а следовательно, к более эффективному его растеканию. При этом уменьшаются как потери внутри диффузора, так и потери скоростного давления на выходе.

Проведенные исследования показывают, что установка экрана значительно выравнивает эпюру скоростей. На рисунке 3 а представлена эпюра при выходе потока на экран в атмосферу без затопления выхода из диффузора. Относительное расстояние от экрана до выходного сечения составляет  $\frac{t}{D_1} = 0,2$ , число Рейнольдса  $1,8 \cdot 10^5$ .



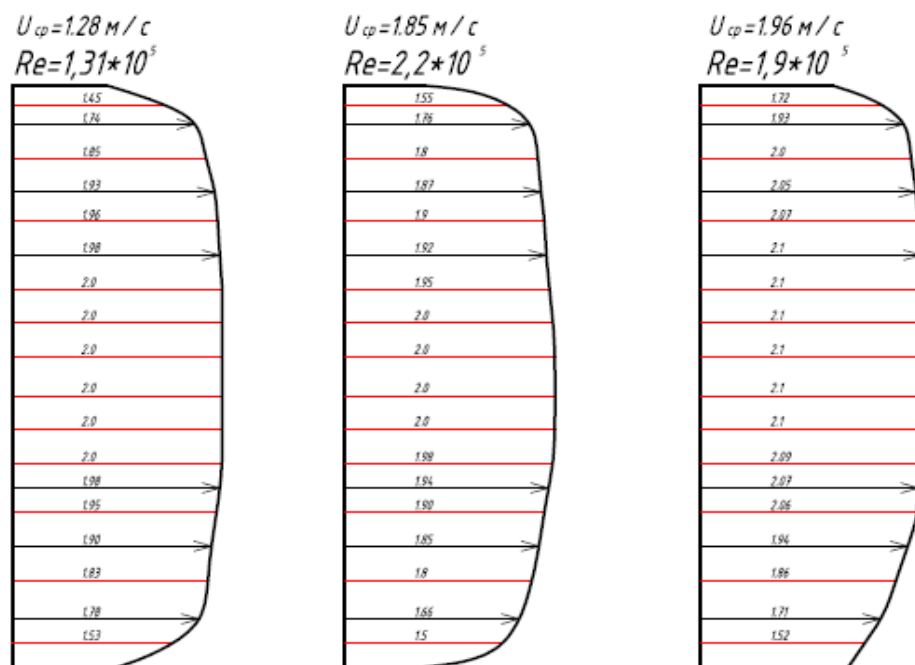
**Рисунок 3 а** – Эпюры скоростей на выходе из диффузора при  $t=20$ ;  $Re=2.8 \cdot 10^5$

Как видно из рисунка 3 а, эпюра резко изменяет свою форму и становится более равномерной по сравнению с эпюрой без экрана. Коэффициент Кориолиса колеблется в пределах  $\alpha = 1,015-1,02$ .



**Рисунок 3б** – Эпюры скоростей при выходе потока из диффузора на экран при относительном расстоянии  $t=0,2$  и различном подтоплении

Учитывая, что диффузоры, используемые в гидроагрегатах, имеют подтопление выходного сечения, будь то труба гидротурбины или осевого насоса с камерным отводом [1], была проведена серия опытов с подтопленным истечением. На рисунке 3б приведены эпюры скоростей на выходе из диффузора на экран с учетом подтопления различной величины. Анализ показывает, что увеличение глубины подтопления выравнивает профиль скоростей и  $\alpha$  снижается от  $\alpha = 1,02$  при  $h/D_1 = 0,13$  до  $\alpha = 1,01$  при  $h/D_1 = 0,45$  и  $Re = 1,9 \cdot 10^5$ .



**Рисунок 4** – Эпюры скоростей на выходе из диффузора на экран при  $t=0,2$  и  $h/D_1=0,5$  при различных  $Re$

На рисунке 4 представлены эпюры скоростей при выходе из диффузора на экран при различных  $Re$  и  $h/D_1 = 0,5$ . Профиль эпюр практически не изменяется.

Анализируя результаты выходных характеристик из диффузора, можно утверждать, что экран «выравнивает» эпюру выходных скоростей, тем самым уменьшая потери скоростного давления  $\Delta p_{ск}$ , так как коэффициент Кориолиса уменьшается с  $\alpha = (1,18 \div 1,28)$  до  $\alpha = 1,015 \div 1,02$  в автомобильной области сопротивления. Подтопление выходного сечения также положительно влияет на величину коэффициента Кориолиса и в проведенных опытах для диффузора с  $\theta = 8^\circ$  и  $n = 1,45$  уменьшается на  $\alpha = (0,5 - 1,2)\%$ . В конечном итоге можно сказать, что общий коэффициент гидравлических потерь будет уменьшаться, что немаловажно при устройстве отсасывающих труб гидротурбин и компоновки проточной части низконапорной насосной станции с осевым насосом и камерным отводом воды.

Как отмечалось ранее, на величину коэффициента сопротивления  $\zeta_g$  влияют и входные характеристики потока. При проведении опытов измерялись входные характеристики потока, пьезометрическое и динамическое давления, а также направление осевого потока. Подводящая труба была выполнена из оргстекла (рисунок 1) и имела длину более  $20 D_1$ . Результаты показали, что практически при всех режимах вектор скорости соответствовал направлению оси трубы, а распределение скоростей по живому сечению было равномерным и устойчивым.

Известно, что поток, выходящий после выправляющего аппарата турбины и направляющего аппарата осевого насоса, имеет некоторую умеренную закрутку

ку. Поэтому для создания такой закрутки на входе в трубу 2 были установлены специальные лопасти, которые позволили «закрутить» поток на  $3^\circ$  и  $13^\circ 30'$  соответственно для диффузора с углом конусности  $\theta = 8^\circ$  и  $\theta = 16^\circ$ .

Угол закрутки потока определяется как (рисунок 5)

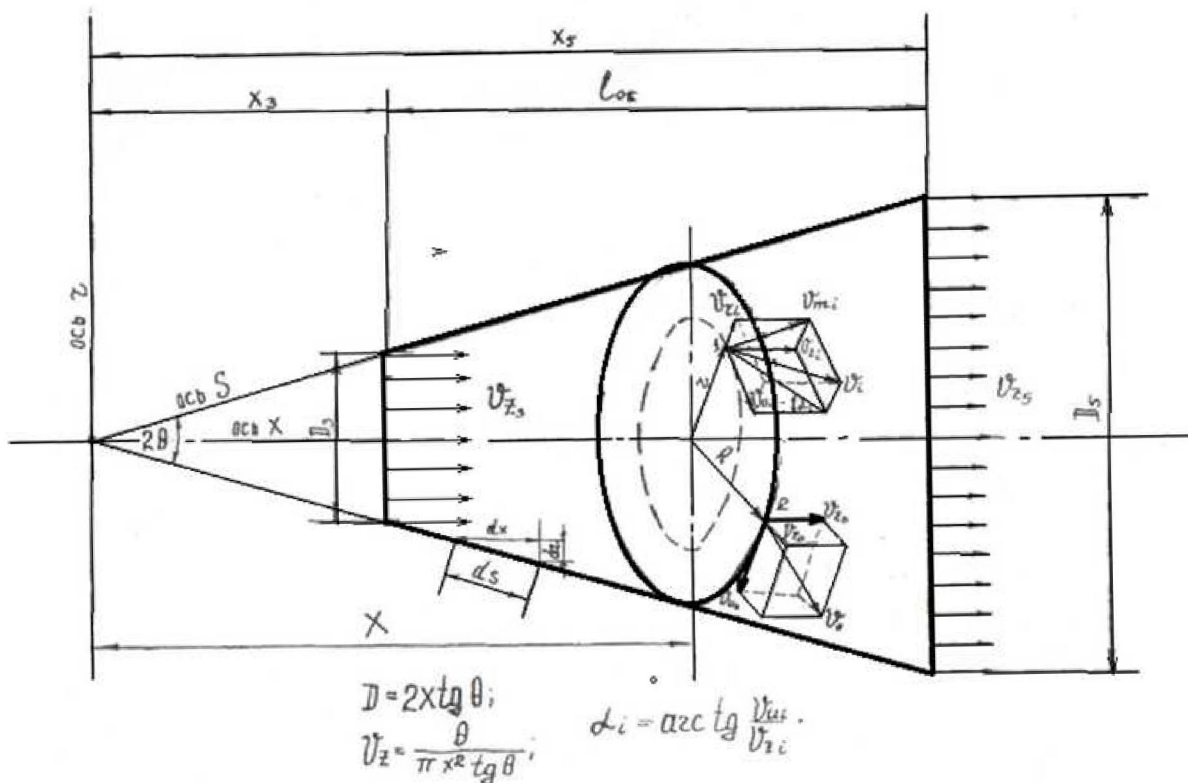
$$\alpha = \operatorname{arctg} \left( \frac{v}{v_z} \right), \quad (4)$$

где  $v_u$  и  $v_z$  – окружная и осевая составляющие полной скорости (рис. 5).

Средневзвешенный угол закрутки

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{N}{\sum_i} \alpha_i / N, \quad (5)$$

где  $N$  – число равновеликих колец, на которое разбито сечение. Характеристики измерялись в центре кольца. Число колец – 12.



- 1 – скорости в пространственной точке потока;  
2 – скорости вблизи стенки диффузора

**Рисунок 5** – Схема к определению угла закрутки потока в круглом диффузоре

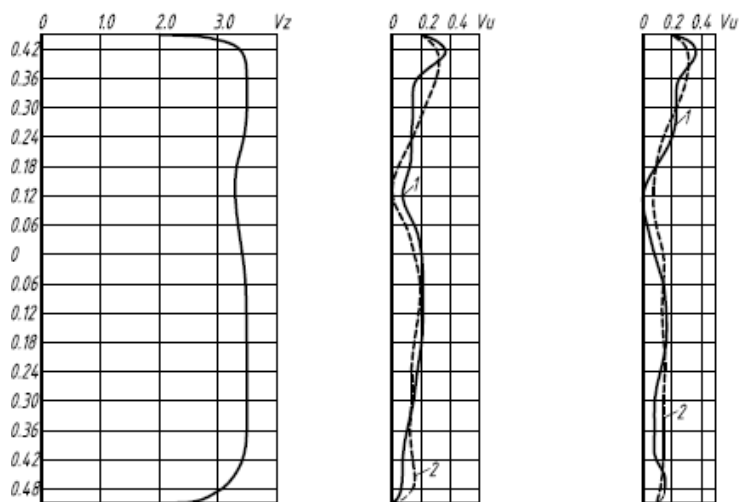
По результатам исследований построены эпюры скоростей (рисунок 6). Для диффузора  $\theta = 16^\circ$  и  $n = 3,34$  при угле закрутки потока  $13^\circ 40'$  эпюра осевых скоростей  $V_z$  имеет двояко выпуклую форму 1, подтверждая, что поток прижимается к стенке и на оси скорость уменьшается. При установке экрана на выходе из диффузора кривая 2 изменяется незначительно. Для модели диффузора с углом  $\theta = 8^\circ$   $n = 1,45$  и углом закрутки  $\alpha = 3^\circ$  выпуклость профиля

скоростей  $V_z$  значительно меньше. Установка экрана при выходе в атмосферу не влияет на распределение скоростей (схема а).

Величина окружной скорости для обеих моделей диффузора при установке экрана и подтоплении выхода меняется так же незначительно (схема в и с).

### Модель I

$$Q=8^\circ; n=1.45; \alpha_{зак}=3^\circ$$



а)

б)

в)

1 -  $t/d=0.6$ ;

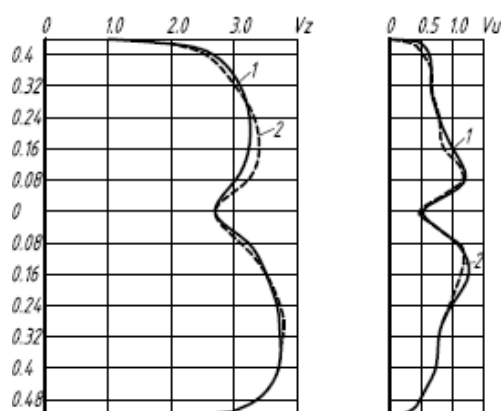
1 -  $t/d=0.6$ ;  $h/d=0.9$ ;

2 -  $t/d=1.0$ .

2 -  $t/d=0.6$ .  $h/d=4.12$ .

### Модель IV

$$Q=16^\circ; n=3.34; \alpha_{зак}=13^\circ 40'$$



1- выход в атмосферу;

2- выход на экран.

$$Re=2.7 \cdot 10^5$$

а) выход в атмосферу; б) выход на экран; в) выход на экран при подтоплении

Рисунок 6 – Эпюры скоростей закрученного потока на входе в диффузор

## **Заключение**

По результатам опытов можно сказать, что умеренная закрутка потока во входном сечении диффузора приводит к переформированию структуры течения, при котором скорости потока на оси несколько уменьшаются, а на периферии возрастают, за счет этого значения коэффициента Кориолиса снижаются. За счет закрутки в выходном сечении диффузора происходят такие изменения потока, которые в случае осевого потока происходят за счет подпора выходного сечения экраном, а следовательно, изменение величины коэффициента Кориолиса в сторону уменьшения будет меньше. Однако совместное действие экрана и закрученного потока должно уменьшить этот коэффициент.

## **Список литературы**

1. Карелин, В.Я. Гидравлические характеристики прямоосных конических диффузоров / В.Я.Карелин, Н.В.Громик, В.В.Волшаник // Гидротехническое строительство. – М., 1987. – №3. – С. 31–35.
2. Громик, Н.В. Применение диффузоров при строительстве малых ГЭС / Н.В. Громик, Н.Н. Водчиц, С.С. Стельмашук // Вестник государственного технического университета. – 2013. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 23–27.

УДК 556.182 (476)

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РОДНИКОВ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Грядунова О.И.**

Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь, [gryadunova@mail.ru](mailto:gryadunova@mail.ru)

*The article considers the conditions of forming the sources, classifications springs and modern state of the springs and the surrounding areas.*

## **Введение**

Родники как выходы подземных вод на поверхность являются уникальными естественными водоемами. Они имеют большое значение в питании поверхностных водоемов, поддержании водного баланса и сохранении стабильности окружающих их сообществ. Родники населены уникальной флорой и фауной – одним из важнейших компонентов биологического разнообразия водоемов Беларуси. Некоторые из них представляют собой единственные в своем роде природные объекты.

Родники имеют и практический интерес. Холодные (криницы) издавна служат местными источниками питьевой воды, которая во многих случаях обладает высокими вкусовыми и лечебными свойствами. Их питание осуществляется за счет более глубоких водоносных горизонтов (свыше 10–20 м), куда загрязняющие вещества с поверхности практически не проникают. Родники являются



стратегическими объектами природы. При возникновении чрезвычайной ситуации они могут выступать как источники питьевой воды для населения.

С родниками связаны многие легенды и обычаи местного населения. Воду некоторых источников местные жители считают святой, целебной, используют при лечении различных заболеваний. На них сооружены каплицы или часовни, которые представляют собой историческую и культурную ценность.

В то же время родники являются наиболее уязвимым типом поверхностных водоемов. В результате неправильно проведенного благоустройства, мелиоративных или строительных работ на прилегающих территориях большое количество родников Беларуси было уничтожено. Особенно неблагоприятное воздействие на состояние источников оказывает интенсивная трансформация природных ландшафтов.

В последние годы во многих странах мира люди осознали важность охраны родников. Значительное внимание этим вопросам уделяется в Германии, Польше, Нидерландах, странах Скандинавского полуострова. Даже в Канаде, имеющей огромные запасы чистых поверхностных вод, родники объявлены национальным достоянием.

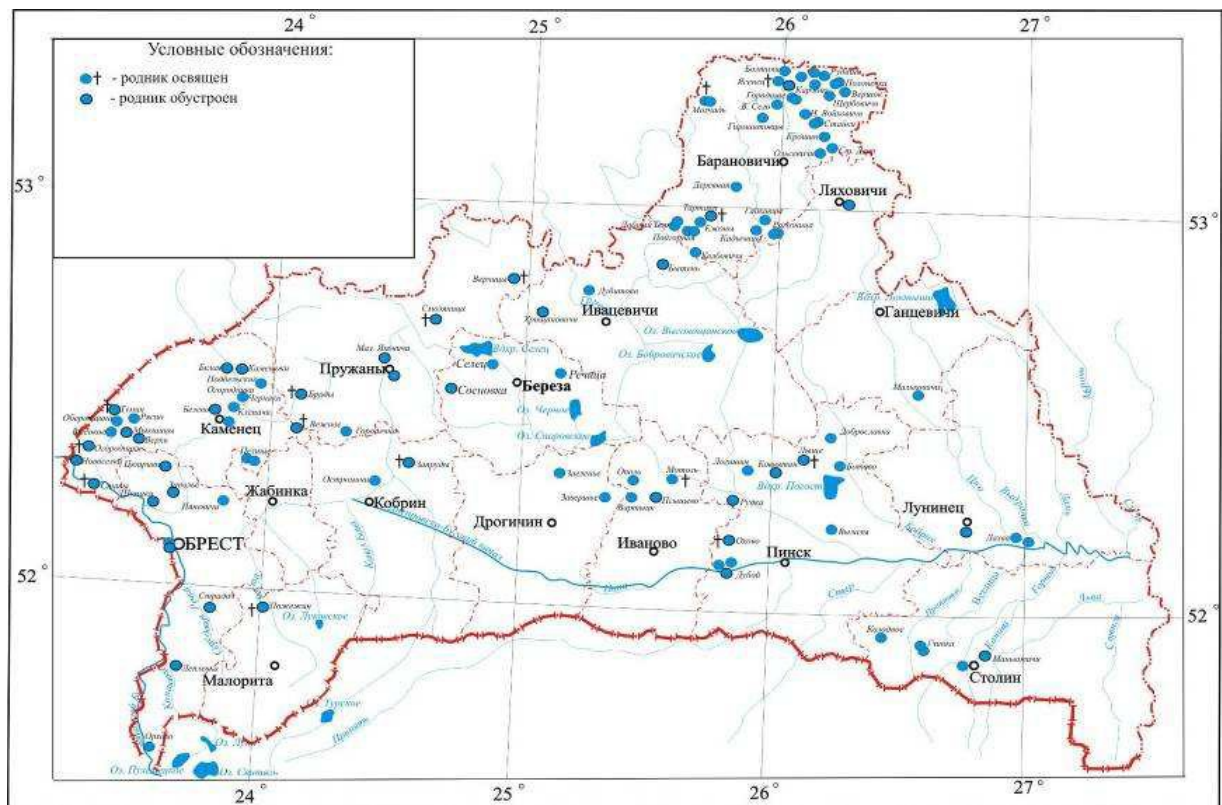
### **Материалы и методы**

Цель исследования – изучение современного состояния родников Брестской области (сезонного изменения режима, гидрохимического состава, санитарного состояния территорий, занятых родниками, и водосборных площадей), хозяйственного использования.

В ходе экспедиционных исследований были актуализированы и получены новые данные о современном состоянии 100 родников Брестской области. Системный анализ и обобщение полученных данных наблюдений позволили создать единую базу данных, сравнительно-географический метод – систематизировать и классифицировать родники области, а применение картографического метода дало возможность провести оценку ландшафтной приуроченности родников.

### **Обсуждение результатов**

По территории Брестской области родники распределены крайне неравномерно. Наибольшее число источников приурочено к Барановичскому, Каменецкому и Пинскому районам (рисунок 1), располагаются они преимущественно по долинам рек (родник в г. Брест – р. Западный Буг; д. Шумаки – р. Лесная, д. Лахва – р. Морочанка), на склонах мелиоративных каналов (д. Вежное – Пружанский район, д. Цюприки, д. Орхово – Брестский район, д. Запруды – Кобринский район), на склонах ложбин (д. Смоляница – Пружанский район, д. Заполье – Брестский район, Бытенский родник – Ивацевичский район).



**Рисунок 1 – География родников Брестской области**

Такой характер распределения родников на территории Брестской области обусловлен подстилающей поверхностью (геологическое строение и расчлененность рельефа) и климатическими условиями. Брестская область относится к территории с достаточным увлажнением и благоприятными условиями накопления подземных вод. Однако разнообразие геологического строения и рельефа обусловило неравномерность в их распространении. Всего в области выявлено более 100 родников, и почти 2/3 их общего количества приходится на геоморфологическую область **равнин и низменностей Предполесья**. Особенно богат родниками Барановичский район (36 родников), южная часть которого лежит в пределах Барановичской водно-ледниковой равнины, а север района расположен на склоне Новоградской возвышенности (таблица 1).

Пересеченный рельеф конечно-моренных гряд и возвышенностей, пологоволнистых водно-ледниковых равнин с долинами рек, ложбинами стока и эрозионными промоинами, изменчивость пластов песчано-глинистых моренных и водно-ледниковых отложений способствовали образованию многочисленных выходов подземных вод на поверхность. В связи с этим много родников на севере района в Молчадской и Городищенской зонах [22]. Довольно большое количество родников встречается и в других районах Предполесья – Каменецком (18) – Высоковская водно-ледниковая моренная равнина, Пружанском (6) – Пружанская моренно-водно-ледниковая равнина и Ивацевичском (3) Коссовская водно-ледниковая равнина.

В южной, **Полесской части (область Полесской низменности)** Брестской области, для которой характерно меньшее вертикальное расчленение поверхности (от 0 до 2 м/км<sup>2</sup>), родники встречаются значительно реже (таблица 1). В этой геоморфологической области преобладают плоские заболоченные озерно-аллювиальные и зандровые низины, ложбины стока. Происхождение родников этой части Брестчины связано с неглубоким залеганием грунтовых вод, рас-

положены они в заболоченных топях. Больше всего известно и описано родников на территории Пинского района (12), который лежит в пределах Логишинской водно-ледниковой равнины с краевыми ледниковыми образованиями, восточной части Загородья и Лунинецкой аллювиальной низины. К краевым ледниковым образованиям с гляциодислокациями и заторфованным понижениям водно-ледниковых равнин Загородья приурочены источники в Ивановском и Дрогичинском районах. В связи с высокой заболоченностью территории и широким проведением мелиоративных работ верхние водоносные горизонты часто вскрываются в мелиоративных каналах, что является причиной образования многих родников в Брестской области, особенно на территории Полесья (Кобринский, Дрогичинский, Столинский, Лунинецкий районы) [1].

**Таблица 1 – Приуроченность родников к геоморфологическим районам**

Геоморфологическая область	Вертикальное расчленение рельефа, м/км <sup>2</sup>	Горизонтальное расчленение рельефа, км/км <sup>2</sup>	Длина склонов, км	Крутизна склонов, °	Количество родников
Новогрудская возвышенность	5–10	0,2–0,6	0,4	2,0–4,0	21
Барановичская водно-ледниковая равнина	5–15	0,2–0,6	0,2–0,5	0,5–4,0	15
Коссовская водно-ледниковая равнина	2–10	0,4	0,1–0,3	0–2,0	4
Высоковская водно-ледниковая моренная равнина	5–10	0,4–0,6	0,3–0,5	0,5–2,0	18
Пружанская моренно-водно-ледниковая равнина	2–10	0,2–0,6	0,2–0,3	0–2,0	6
Брестская водно-ледниковая низина	0–5	0–0,6	0–0,4	0–2,0	6
Наревско-Ясельдинская озерно-аллювиальная низина	0–5	0–0,6	0–0,2	0–1,0	2
Логишинская водно-ледниковая равнина с краевыми образованиями	0–2	0–0,6	0–0,2	0–1,0	7
Люсиновская водно-ледниковая равнина	0–2	0–0,6	0–0,2	0–0,5	0
Случско-Оресская озерно-аллювиальная низина	0	0–0,6	0	0–0,5	1
Верхнеприпятская озерно-аллювиальная низина	0–5	0–0,6	0	0–0,5	1
Краевые ледниковые образования и водно-ледниковые равнины Загородья	0–5	0–0,6	0–0,3	0–2,0	10
Столинская водно-ледниковая равнина	0–2	0,6–1,0	0–0,1	0–0,5	3
Лунинецкая водно-ледниковая равнина	0–2	0–1,0	0–0,1	0–0,5	5
Водно-ледниковая равнина Украинского Полесья	2–10	0,2–0,6	0–0,2	0,5–2,0	3

География родников Предполесья связана с возвышенными морено-эрозионными ландшафтами (Городищенская зона Барановичского района – Новогрудская возвышенность), где преобладают автоморфные супесчаные и суглинистые почвы, широколиственно-еловые и сосновые леса; со средневысотными ландшафтами с дерново-подзолистыми, часто заболоченными почвами, с широколиственно-еловыми, сосновыми и дубовыми лесами (юг Барановичского района, Ивацевичский, Пружанский и Каменецкий районы); с низменными ландшафтами (верховья Мухавца, Лесной, Щары) – аллювиальные террасированные слабодренированные ландшафты, плоские, со злаковыми гидромезафитными лугами на дерново-глеевых почвах. Родники Полесской низменности в основном приурочены к низменным и средневозвышенным ландшафтам: аллювиальные террасированные, вторичные водно-ледниковые и моренно-зандровые ландшафты. Происхождение источников Пинского и Столинского районов связано с пойменными ландшафтами с дубравами на дерновых заболоченных почвах, низинными болотами и коренными мелколиственными лесами на торфяно-болотных почвах, ограниченно распаханными.

*По приуроченности к типам подземных вод (условиям питания) родники области относятся к питающимся грунтовыми водами. Они обычно действуют круглый год, но подвержены сезонным колебаниям дебита, температуры и состава вод. Однако такие сезонные колебания невелики в связи с относительно равномерным увлажнением на протяжении года. В зависимости от характера выхода грунтовых вод на поверхность в области наиболее распространены эрозионные (депресссионные) родники, появляющиеся в результате углубления речной сети и вскрытия водоносных горизонтов. В д. Остромичи Кобринского района, д. Завершье Дрогичинского района, д. Глинка Столинского района родники выходят на склонах или у дна мелиоративных каналов. Родники у д. Лахва Лунинецкого района, у д. Рудаши Барановичского района, в д. Шумаки Брестского района выходят на поверхность по берегам рек, а родник у д. Медно Брестского района выходит на поверхность у берега озера Страдечского. Есть на Брестчине родник переливающегося типа (экранированный родник), связанный с фациальной изменчивостью пластов. Он расположен в Барановичском районе у д. Ясенец. Субаквальные родники встречаются на дне пруда у д. Смоляница Пружанского района и д. Пелище Каменецкого района.*

*По морфологии выходов подземных вод на поверхность в Брестской области шире всего представлены топи – заболоченные понижения, на дне которых на поверхность выступают грунтовые воды. Например, у д. Вартыцк Ивановского района грунтовые воды выходят на поверхность в замкнутом заболоченном понижении, заросшем ольхой. От источника берет начало ручей, теряющийся среди болотной растительности. Такого же типа источник у д. Хрищановичи Ивацевичского района находится в заболоченном ивняке. Он оборудован небольшим бетонным кольцом, его дно заилено, а вокруг находится сильно переувлажнённый топкий грунт. В заболоченном понижении на территории Дубойского парка в Пинском районе установившийся уровень воды составляет лишь 20 см, а ниже до глубины 80 см залегает ил. Топями являются родники, расположенные в лесу северо-западнее д. Дубой Пинского района, у хутора Няневичи Брестского района.*

Реокрены, или собственно родники, образуются на местности с уклоном поверхности и имеют четко выраженный выход грунтовых вод на поверхность.

Такой тип родников встречается на склонах или у подножия холмов, речных долин или мелиоративных каналов, где выклиниваются водоносные горизонты. Например, родник у д. Остромичи Кобринского района расположен на склоне мелиоративного канала. В Пружанском районе у д. Верчицы родник вытекает из склона долины ручья, родник у г. Столин бьет у подножия северного склона золотого холма. В д. Трацевичи и д. Тартаки Барановичского района у подножия гряды моренных холмов выходят на поверхность многочисленные родники, сливающиеся в ручей [2].

В связи с относительно слабым вертикальным расчленением территории, высокой заболоченностью и густой гидрографической сетью в южной части области широко представлены лимнокрены. Они представляют собой выходы грунтовых вод в виде ключей на дне водоемов (рек, озер, мелиоративных каналов) – у д. Смоляница Пружанского района и д. Пелище Каменецкого района. Такой тип источников встречается на дне мелиоративных каналов в д. Вежное Пружанского района, д. Запруды Кобринского района, д. Заеленье Дрогичинского района, д. Псыщево Ивановского района.

*По особенностям режима* преобладают постоянно действующие родники, что обусловлено относительно стабильным режимом увлажнения территории. Такие родники используются для питьевого и лечебного водоснабжения. С их хозяйственным использованием связано и приоритетное внимание к ним при исследовании.

*По гидродинамическим признакам* почти все родники Брестской области относятся к нисходящим. Исключением является родник у д. Ясенец Барановичского района, относящийся к типу восходящих. Выход грунтовых вод находится в выемке техногенного происхождения эрозионной ложбины, врезанной на глубину 6–7 м. Ложбина расположена в районе Карчовских гляциодислокаций южного склона Новогрудской возвышенности. Области питания грунтовых вод расположены на более высоком гипсометрическом уровне на склонах холмов. Устье ложбины открывается в пойму реки Сервечь.

*По температурному режиму* в Брестской области распространены родники с относительно низкой температурой (холодные), изменяющейся в течение года в сравнительно узких пределах. Как правило, температура воды в большинстве родников колеблется зимой от 0 °С до 3,5 °С, а летом – от 6 до 12 °С. В результате этого родники с достаточно высокими дебитами не замерзают даже в холодные зимы.

*По содержанию растворенных солей и газов* в воде большинство родников являются пресными, общая минерализация таких источников составляет менее 500 мг/дм<sup>3</sup>. По химическому составу родниковые воды различаются в зависимости от их местоположения, для многих родников отмечается повышенное содержание железа [2, 3, 4].

Родники – это очень чувствительные экосистемы. Родники могут существовать на протяжении столетий и больше, если беречь и охранять окружающую их среду. Но любого заметного нарушения будет достаточно, чтобы они исчезли в самое короткое время и навсегда. Родники являются самыми маленькими водоемами и поэтому особенно уязвимы к действию различных неблагоприятных, в особенности антропогенных факторов. Высокая степень антропогенной нагрузки за последние 50–70 лет на территории Беларуси привела к заметной трансформации естественных ландшафтов. Одним из последствий

этого процесса является резкое сокращение количества родников. Негативные тенденции изменения состояния родников в первую очередь связаны с загрязнением их и прилегающей территории бытовым мусором.

В настоящее время в области проводится большая работа по благоустройству родников, их каптированию (сосредоточенному сбросу и оформлению выхода воды в целях ее использования), наведению порядка на территории, прилегающей к источникам. При ведении работ возле родников и на прилегающей к ним территории можно использовать полученные предварительные результаты научных исследований (гидрологический режим, области питания, свойства подстилающих и водоносных пород). В целях эффективной защиты родников от загрязнения и истощения требуется неукоснительное соблюдение предписанных режимов охраны и хозяйствования в их водоохранной зоне.

В ходе исследования выявлены:

- родники, имеющие значение в *питании поверхностных водоемов и водотоков*, поддержании водного баланса и сохранении стабильности окружающих их биоценозов (Ясенец, Тартаки, Рудаши, Трацевичи Барановичского района; Шумаки, Страдечский Брестского района; Смоляница, Малые Яковичи Пружанского района, Пелище Каменецкого района);

- родники *как источники питьевой воды*. С целью удобства забора воды выходы подземных вод, находившиеся в населенных пунктах или около них, обустроивались, при этом использовался только природный материал. По этой причине многие имевшие достаточно большие дебиты родники утратили свой естественный облик, но продолжают снабжать людей питьевой водой (Тумин, Ставы Каменецкого района; Дубой, Ковнятин Пинского района; Верчицы, Смоляница, Малые Яковичи Пружанского района; Пожежинская криничка Малоритского района; Маньковичи Столинского района);

- родники *как объекты туризма*. Родник – замечательный объект единения с природой и источник чистой питьевой воды, так необходимой истинному туристу. Именно поэтому и в наши дни родники являются одними из самых притягательных объектов природы. Помимо своих целебных свойств, родники привлекают туристов и как историко-культурные объекты. Их можно рассматривать как водные объекты культового (языческого и христианского) поклонения, как ресурс познавательного и паломнического туризма. Важное место в фольклорно-мифологическом наследии Беларуси занимают легенды и поверья, связанные с культовыми родниками. Программы познавательного туризма могут включать посещение родника в д. Вежное и монастыря в Пружанском районе, родника д. Ясенец и Тугановичского парка в Барановичском районе и др. В ряде случаев эстетическое и эмоциональное восприятие культовых родников усиливают архитектурные формы (часовни, скульптурные композиции): родник д. Ставы, д. Тумин, и Верхи Каменецкого района, д. Дубой Пинского района, дд. Верчицы и Смоляница Пружанского района, д. Запруды Кобринского района. По древним народным представлениям, вода из святых криниц считается *лечебной* при всех болезнях, но у каждой криницы есть еще и своя «специализация» – то, от чего ее вода помогает особенно хорошо. До настоящего времени жители д. Завершье Дрогичинского района используют воду из родника для лечения кожных заболеваний, а жители д. Ополь Ивановского района считают, что вода их родника восстанавливает силы и укрепляет организм;

- родники как научные и учебные объекты. Экологическое образование и воспитание является в настоящее время одним из приоритетных направлений работы с молодежью. Родник является прекрасным объектом для проведения занятий по экологии [5, 6].

### **Заключение**

В ходе полевых исследований родников Брестской области были актуализированы данные о ранее изученных родниках и сделаны описания вновь обнаруженных. Проведена систематизация родников по морфологии выхода подземных вод (собственно родники (реокрены)  $\approx 25$ , ключи (лимнокрены)  $\approx 20$  и топи (гелокрены)  $\approx 45$ ); по происхождению – эрозионные (подавляющее большинство), контактные и переливающиеся родники; по гидродинамическим признакам (восходящие – родник Ясенец, нисходящие – все исследованные родники); по температурному режиму все родники области холодные (температура изменяется в течение года в сравнительно узких пределах зимой от  $0^{\circ}\text{C}$  до  $3,5^{\circ}\text{C}$ , летом – от 6 до  $12^{\circ}\text{C}$ ). Оценка современного состояния родников Брестской области и прилегающим к ним территориям показала, что из 100 исследованных источников около 50 оборудованы (сделаны каптажи), 14 источников освящены, построены каплицы, колодцы для забора воды, устроены купальни. Около 60 родников не оборудованы: из них около 30 находятся в естественном состоянии и требуют только очистки от естественного (природного) мусора, а на остальных необходимо проводить работу по очистке и каптажированию источника, благоустройству прилегающей территории. При оценке состояния прилегающей территории установлены потенциальные источники загрязнения родников.

Для сохранения качества вод родников и подземных вод в целом необходима организация санитарных и водоохраных зон, ограничение использования ядохимикатов и минеральных удобрений, улучшение качества очистки промышленных и коммунальных стоков. Важными направлениями охраны подземных вод являются повышение эффективности их использования, сокращение расхода воды на единицу продукции, расширение оборотных и повторных циклов водопользования, перевод технического водопользования на поверхностные воды.

### **Список литературы**

1. Матвеев, А.В. Рельеф Белоруссии / А.В. Матвеев, Б.Н. Гурский, Р.И. Левицкая – Минск: Вышэйшая школа, 1988. – 319 с.
2. Грибко, А.В. География, хозяйственное использование и состояние родников Брестской области / А.В. Грибко, В.К. Карпук // Брэсцкі геаграфічны веснік. – Т. 1. – Вып. 1. – 2001. – С. 51–56.
3. Волчек, А.А. Возрождение родников как составляющая часть экологического образования / А.А. Волчек, М.Ф. Мороз, Л.Е. Стасюк // Стратегические проблемы охраны и использования водных ресурсов: материалы IV Междунар. водного форума, 12–13 окт 2010 г., Минск // М-во природных ресурсов и охраны окр. среды РБ, ЦНИИКИВР. – Минск: Минсктиппроект, 2011. – С. 276–281.
4. Голубев, А.П. Современное состояние родников Минской области – памятников природы республиканского значения / А.П. Голубев, И.А. Рудаковский // Природные ресурсы. – 2007. – № 4. – С. 109–111.
5. Мощик, С. Живи, родник, живи! / С. Мощик // Вечерний Брест. – 27.08.2010.
6. Мороз, М.Д. Проблемы охраны родников Беларуси в условиях повышенной антропогенной нагрузки на природную среду / М.Д. Мороз, А.П. Голубев // Природные ресурсы, 2000. – № 1. – С. 37–42.

## АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ НОВОЙ РЕДАКЦИИ ВОДНОГО КОДЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Гуринович А.Д.**

Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь, gurinowitsch@tut.by

*The article discusses certain provisions of the new draft of the Water Code of the Republic of Belarus. Points to numerous inaccuracies and contradictions. Analyzes the economic, environmental and social impacts.*

### **Введение**

Водное право во всех цивилизованных странах является самостоятельной отраслью законодательства, которое затрагивает многосторонние аспекты водного хозяйства, включающего в себя поверхностные и подземные водные объекты, системы водоснабжения и канализации, гидротехнические и гидромелиоративные сооружения, водные пути и зоны рекреации. Законом Республики Беларусь от 10 января 2000 года «О нормативных правовых актах Республики Беларусь» определено, что нормотворческая деятельность – это научная и организационная деятельность по подготовке нормативных правовых актов. Один из основных принципов нормотворческой деятельности – научная обоснованность – не был соблюден в новом проекте Водного кодекса Республики Беларусь [1]. В связи с этим ниже приводится критический анализ его отдельных положений, которые могут привести к негативным экономическим, социальным и экологическим последствиям.

### **Цели, задачи и принципы Водного кодекса**

Во всех странах (России, Казахстане, ЕС и др.) водное право является самостоятельной отраслью законодательства и направлено на регулирование отношений в области использования (первично) и охраны водных объектов (вторично) [2–4]. Так, Водный кодекс Российской Федерации «регулирует отношения в области использования и охраны водных объектов в целях обеспечения прав граждан на чистую воду и благоприятную водную среду; поддержания оптимальных условий водопользования; качества поверхностных и подземных вод в состоянии, отвечающем санитарным и экологическим требованиям; защиты водных объектов от загрязнения, засорения и истощения; предотвращения или ликвидации вредного воздействия вод, а также сохранения биологического разнообразия водных экосистем» [2]. Это же декларируется в многочисленных международных правовых документах, которые не были приняты во внимание [5–6].

В новом Водном Кодексе Беларуси все наоборот: первичное – охрана и вторичное – непонятное «рациональное (устойчивое) использование водных ресурсов, а также защиту прав и законных интересов водопользователей». «Рациональное» и «устойчивое» – это разные понятия.

Права же гражданина – водопотребителя отсутствуют, что должно быть главной целью Водного кодекса. В юридической литературе верно указывалось, что не появляется нужды в охране природы, если ресурсы окружающей



среды не используются. Основная цель любого вида природопользования – это, в первую очередь, использование полезных свойств разнообразных экосистем. Люди, воздействуя на водную среду, в первую очередь ставят перед собой цели ее использования, а не охраны.

### **Термины и определения**

Термины и определения должны быть идентичны установленным понятиям и быть технически грамотными, не допускающими иные толкования, что имеет место в представленном проекте Водного кодекса. Это вносит путаницу и несогласованность, как с действующими техническими нормативными правовыми актами, так и с технической и учебной литературой, приводящих к необоснованным санкциям.

Понятия «рациональное» и «устойчивое», «ресурсы» и «запасы» – это не одно и то же. «Водные ресурсы» не есть запасы поверхностных и подземных вод, т.к. под водными ресурсами понимается величина питания водоносного горизонта в ненарушенных/нарушенных условиях, а под запасами понимается объем гравитационной воды в порах, трещинах и карстовых пустотах водовмещающих пород; некорректно применение понятие «улучшение» по отношению к гидрологическому режиму при «восстановлении водных объектов» и т.д.

Родники в классификации отнесены к поверхностным водным объектам, а в терминах – это «выход подземных вод». Подземные воды выходят на поверхность посредством искусственных сооружений – водозаборных скважин и естественных – родников, имеющие в гидросфере промежуточное положение. Причисление естественных выходов подземных вод к поверхностным водным объектам с точки зрения гидрологии носит спорный характер. Главное противоречие заключается в отнесении к роднику понятия «Водный объект ..., имеющее определенные границы, объем и признаки гидрологического режима или режима подземных вод». Как это можно отнести к роднику? В СТБ 2232-2011 «3.1.126 родник: естественный сосредоточенный выход подземных вод непосредственно на земную поверхность на суше или под водой».

К гидротехническим сооружениям отнесено все то, что как-то соприкасается с водой, в том числе все сооружения систем водоснабжения и водоотведения, включая сооружения водоподготовки и очистные сооружения канализации. Но ведь технические нормативные правовые акты их проектирования, строительства и эксплуатации регламентируются совершенно другими понятиями.

Выделение в определениях «технологические водные объекты» не согласуется с классификацией, при этом «отстойники сточных вод» оказались уже водными объектами. Реки – это не водоемы, а водотоки, водоем же – «поверхностный водный объект в углублении земной поверхности, характеризующийся замедленным (это может быть река) движением воды (проточный) ...».

В Водном кодексе присутствует определение, что поверхностные и грунтовые воды, не организованно поступающие (дренирующие) в канализационные сети, не являются сточными водами. Контролирующими органами были наложены финансовые санкции предприятиям водопроводно-канализационного хозяйства из-за включения их в себестоимость жилищно-коммунальных услуг затрат на очистку и перекачку объемов притока поверхностных, грунтовых вод. Приток поверхностных и грунтовых вод в канализационную сеть является естественным процессом в результате выпадения атмосферных осадков, таяния снега, поливомоечных работ на территориях населенных пунктов, промышленных предприятий и других объектов.

## **О подземных водных объектах**

В Беларуси практически все население в городах и поселках используют подземные воды. Кодекс Республики Беларусь о недрах, как и новая редакция Водного кодекса, не регулируют отношения по поводу подземных вод, являющихся основным источником питьевого водоснабжения в Беларуси. В основном все правовые отношения по подземным водным объектам отданы "на откуп" Кодексу о недрах.

В действующем ныне Водном Кодексе Беларуси отсутствовали подземные водные объекты, что привело к искажению многих данных учета подземных вод с соответствующими последствиями. Во всех странах мира подземные воды всегда признавались и признаются водными объектами и поэтому включались и включаются в единый водный фонд. Здесь особо следует отметить отсутствие в проекте Водного кодекса правовых вопросов, касающихся использования подземных вод, ссылаясь на Кодекс Республики Беларусь о недрах, где искусственно разделены вопросы использования и охраны ресурсов поверхностных и подземных вод. Практически исключается природная связь между поверхностными и подземными водами, которые являются возобновляемыми ресурсами. Здесь необходим целостный подход к рассмотрению качественных и количественных аспектов не только поверхностных, но и подземных вод. Не решены также вопросы разграничений действия Кодекса Республики Беларусь о недрах и Водного кодекса в сфере использования и охраны подземных вод.

Для юридического понимания подземных водных объектов необходимо выяснить ряд вопросов, вытекающих из определения «подземный водный объект – сосредоточение вод в недрах, имеющее определенные границы, объем и признаки режима подземных вод и состоящее из одного или нескольких водоносных горизонтов». Что такое граница месторождения подземных вод (к примеру есть понятие в гидрогеологии «безграничный водоносный пласт») и где она проходит? Водоносные горизонты делятся на безнапорные и напорные, которые в свою очередь ограничены кровлей и подошвой. Подземная вода содержится в самом пласте водоносной породы, а не образует водную толщу, как в реках и озерах.

Отнеся подземные воды к полезным ископаемым, таким как нефть, газ, уголь и др., в Кодексе Республики Беларусь о недрах исключили главную отличительную особенность, что вода является возобновляемым ресурсом. Никто не отменял Законы природы о неделимости воды, непрерывности круговорота воды в природе, о взаимосвязи поверхностных и подземных вод и требований о единой политике их использования и охраны.

За таким разделением невидимого регулирования водных отношений скрываются корпоративные интересы. Так, в частности, только статья 58 Кодекса Республики Беларусь о недрах, обязывающая водохозяйственным организациям иметь акт, удостоверяющий «горный отвод» при строительстве и эксплуатации водозаборных скважин к подземным водам, отвлекла на ненужную их разработку десятки миллиардов рублей (такого нет ни в одной цивилизованной стране мира). Сам перенос геологического понятия «горный отвод» – часть недр, предоставляемая для разработки месторождения полезных ископаемых, использования геотермальных ресурсов недр, строительства и (или) эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых

(п.11 ст.1 Кодекса о недрах)» к подземным водам лишен всякого смысла. В проектах к горному отводу отнесли зону строго режима (30X30м). Что представляет «горный отвод» к примеру в сельской местности (см. рис. 1).



**Рисунок 1** – Границы горного отвода водозаборной скважины

Подземные воды относятся к полезным ископаемым согласно статьям 18, 20, 25 Кодекса о недрах. Добыча подземных вод считается одним из видов недропользования (статья 28 Кодекса о недрах). Горный отвод – часть недр, предоставляемая для разработки месторождения полезных ископаемых (в данном случае – подземных вод), использования геотермальных ресурсов недр, строительства и (или) эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых (п.11 ст.1 Кодекса о недрах).

Классификация подземных водных объектов [8] и экологический статус отсутствует в водном кодексе вообще.

Основной вопрос: кто управляет водохозяйственным комплексом страны, какой орган управления водными ресурсами осуществляет координацию всех проектов, связанных с водным сектором? В республике необходим радикальный пересмотр принципов управления водным хозяйством, так как нынешнее их управление не способствует устойчивому экономическому и социальному развитию страны, на что было указано в ряде основополагающих документов.

Также не нашла своего места реально созданная Межведомственная комиссия по вопросам государственной водохозяйственной политики при Совете Министров Республики Беларусь, но рассматривается формальный подход создания в будущем бассейновых советов. Как вариант, бассейновые советы рек Балтийского и Черного морей могли бы быть созданы в комиссии.

Проект Водного кодекса носит фрагментарный характер и не отражает современных тенденций в правовом регулировании водного хозяйства,

Следует также указать на неправильную привязку и перенос отдельных положений Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», Закона Республики Беларусь «О питьевом водоснабжении», а также Кодекса Республики Беларусь о недрах в данный проект Водного кодекса, содержащих неточности и требующих корректировки в части, относящейся к водному хозяйству.

## **Выводы**

1. Далеко неполный перечень приведенных выше вопросов и замечаний свидетельствует о том, что в представленном виде проект такого Водного кодекса практически ликвидирует возможность гармонизации водного законодательства не только со странами Европейского Союза и СНГ, но и с членами Единого экономического пространства – Россией и Казахстаном.

2. Консервация устаревших принципов и подходов тормозит развитие водного законодательства и не обеспечивает реализацию основных целей и задач водного права – обеспечение населения и национальной экономики качественной водой, рациональное использование и сохранение водных ресурсов, улучшение качества воды, удовлетворение потребностей в ней населения, восстановление водных экосистем.

## **Список литературы**

1. Проект Водного кодекса Республики Беларусь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/main.aspx?guid=3941&p0=2013030001>.

2. Водный кодекс Российской Федерации.

3. Водный кодекс Казахстана.

4. Модель водного кодекса для стран СНГ.

5. Водная рамочная директива ЕС.

6. On the Right Track - Good Practices in realising the rights to water and sanitation Catarina de Albuquerque, United Nations Special Rapporteur on the human right to safe drinking water and sanitation, with Virginia Roaf: UNESCO WWAP2012. – 222 s.

7. Калинин, И.Б. Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды как основа устойчивого природопользования // Вестник Томского гос. университета. – 2003. – № 279. – С. 48-51.

8. Калинин, И.Б. Регулирование подземного водопользования: проблемы теории и практики применения // Российское правосудие. – № 12(56). – 2010.

9. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов: ГОСТ 17.1.1.02-77.

УДК 628.1:628.2

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ПО ПОДБОРУ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ**

**Гуринович А.Д., Поздняков А.А.**

Белорусский национальный технический университет, г. Минск,  
Республика Беларусь, twenty1.91@mail.ru

*The article is supposed to give information of computer programs which are used for selecting pumps. These programs are produced by major pump-production companies. The key idea of choosing needed pump equipment is life cycle cost analysis. That is not widespread adoption among listed programs.*

## Введение

Программная продукция все еще не получила широкого применения в сфере проектирования сооружений коммунального водного хозяйства, и в частности в сфере подбора насосного оборудования. Многие предприятия морально не готовы отказаться от прежних методов расчета, многие не представляют это возможным по финансовым причинам, большинство нуждаются в подготовке кадров для работы с программным обеспечением.

В основе методики расчета и выбора насосного оборудования, заложенной в старых нормативных технических документах, которой ныне пользуются проектировщики и эксплуатационники, лежат устаревшие подходы. Они базируются, как правило, на выборе насосов из каталогов по предварительно определенным расходу ( $Q$ ) и давлению ( $H$ ). Экономические же критерии, такие как стоимость жизненного цикла LCC (LifeCycleCost), расход электроэнергии, срок полезного использования, а также критерии надежности оборудования – срок службы, межремонтный период и др. – не анализируются за прогнозный период работ. Эти критерии сегодня определены в ряде в международных технических нормативных документов, из которых следует выделить «Пособие по анализу стоимости жизненного цикла насосов», разработанное в 2001 г. институтом Гидравлики США и ассоциацией Europump [1].

Количество энергии и материалов, используемых насосной системой, зависит от вида насоса, вида установки и способа эксплуатации системы [2]. Эти факторы взаимосвязаны. Более того, они должны быть тщательно подобраны друг к другу, обеспечивая в течение своей работы наименьшее потребление энергии, наименьшие эксплуатационные затраты, другие преимущества.

Анализ стоимости жизненного цикла является инструментом, позволяющим минимизировать величину затрат, максимизировать энергоэффективность насосных систем.

Основными составляющими анализа стоимости жизненного цикла обычно являются: первоначальная стоимость установки, затраты на электроэнергию, эксплуатационные расходы, стоимость ремонта и др.

Использование как инструмента сравнения между возможным вариантом и альтернативным анализа стоимости жизненного цикла позволяет выявить наиболее эффективное относительно затрат проектное решение в рамках имеющихся данных.

В настоящее время производители насосного оборудования предлагают свои компьютерные программы по подбору насосов. Наиболее известные из них – это WinCAPS (Grundfos, Дания), DABDNA (PumpSelector, Италия), HOPSEL 2.0 (HOMA, Германия), KSB EasySelect (KSB, Германия), CaprariPumpTutor (Caprari, Италия), Wilo-LCC-Check и Wilo-Select (Wilo, Германия), Hydro-Vacum (Hydro-Vacum, Польша). Из перечисленных программ только 3 ПК производят расчет по LCC: WinCaps, Wilo-LCC-Check, WiloSelect

Важно отметить, что выбор насосного оборудования в современных условиях целесообразно производить с учетом оценки затрат на протяжении всего жизненного цикла. В программах по подбору насосов эта задача реализуется через опцию LCC (LifeCycleCost).

LCC (LifeCycleCost) – совокупные затраты на покупку, установку, эксплуатацию, содержание и ликвидацию оборудования, его составляющих. Сущность

состоит в том, чтобы показать, что первоначальные инвестиции составляют малую часть затрат по сравнению с расходами на электроэнергию, которые в основном и составляют основную часть затрат.

Для проведения оценки выбора насосов должна быть собрана точная информация относительно будущей эксплуатации насоса. Процесс сам по себе математически обоснован, но использование неправильной или неточной информации приводит к получению неточных результатов.

Для обеспечения точного, содержательного и эффективного анализа LCC необходимо наличие доступных, достоверных и истинных данных. Данные, необходимые при анализе LCC, должны соответствовать следующим критериям:

1. Гибкость: база данных должна иметь универсальную и прозрачную структуру, быть легко модифицируемой в зависимости от выбранных условий.
2. Доступность: база данных должна быть легко доступной для поиска, анализа и технического обслуживания.
3. Структурированность: база данных должна иметь четкую структуру, позволяющую учитывать все затраты LCC.
4. Оперативность: база данных должна иметь возможность реорганизации и расширения при изменении параметров.
5. Компактность: база данных должна иметь оптимальный размер как для хранения, так и для быстрой обработки данных.
6. Расширение или сокращение возможностей: база данных должна обладать возможностью расширения или сокращения функциональных возможностей в зависимости от финансовых ресурсов и степени участия пользователя.
7. Однородность: содержимое базы данных должно быть однородным, обеспечивающим проведение анализа множества объектов с одинаковыми свойствами.

Как минимум, базы данных стоимости жизненного цикла должны включать в себя следующее:

- 1) записи о стоимости;
- 2) записи о проведенных мероприятиях в период эксплуатации и технического обслуживания;
- 3) записи пользователя по установленной форме;
- 4) записи количественных характеристик.

Из общего списка программ только 3 ПК производят расчет по LCC:

- WinCaps;
- Wilo-LCC-Check;
- WiloSelect.

Ввиду того, что программа «Wilo-LCC-Check» направлена, главным образом, на сравнение вариантов с насосами других производителей по очень узкому объёму базы данных, детальное её рассмотрение в данной работе производиться не будет.

Для более детального анализа эффективности программ WinCaps и WiloSelect был проведен подбор насоса с одинаковыми рабочими параметрами по этим программам.

1. Выбранная система – канализация.
2. Параметры  $Q = 10 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 5 \text{ м}$ .
3. Подбор насоса в WinCaps и расчет по LCC.

4. Подбор насоса в WiloSelect и расчет по LCC.
5. Сравнение подходов расчета LCC по WinCaps и WiloSelect.
6. Выводы и предложения.

Среди значимых входных данных для расчета, помимо расхода и напора, программа WinCaps требует указать категорию объекта, свойства перекачиваемой жидкости (разбиты на категории), минимальную и максимальную температуры жидкости, максимальное рабочее давление, допуск на минимальный расход, температуру окружающей среды, уровень пыли- и влагозащищенности, время эксплуатации за год, местную стоимость электроэнергии с допустимым прогнозным значением ее роста, расчетный период, условия эксплуатации (частота тока в сети электроснабжения, количество фаз, напряжение) и другие, более специфические параметры. Присутствует функция ограничения набора возможных расчетных вариантов.

После того, как программа произвела подбор, на экран выводится окно, представляющее входные данные, и детальная характеристика рекомендуемого к установке насоса. Программа рекомендует к установке насос SL1.100.100.40.4.51D.B.

Среди выводимых параметров указаны критичные свойства жидкости, которую насос способен перекачивать, электрические показатели эксплуатации, мощность двигателя, характеристики рабочего колеса, материал корпуса и важнейших составляющих, а также стандарты, в соответствии с которыми они изготовлены. Помимо этого, приводятся графики работы насоса, графики мощностей, КПД насоса, двигателя, агрегата, годовое потребление электроэнергии.

Стоимость каждого этапа эксплуатации зависит от множества факторов:

- используемых технологий;
- материалов;
- технических средств;
- уровня работы с поставщиками;
- квалификации специалистов;
- технического состояния насоса.

И поэтому данная операция сложна для расчетов.

Расчет затрат на протяжении всего жизненного цикла не является обязательным. Параметры, задаваемые при расчете LCC в WinCAPS:

- ✓ тип насоса;
- ✓ стоимость всего насосного оборудования;
- ✓ другие затраты;
- ✓ затраты на монтаж и наладочные работы;
- ✓ затраты на электричество;
- ✓ эксплуатационные расходы;
- ✓ затраты на ремонт;
- ✓ убытки от простоев;
- ✓ затраты на экологические мероприятия;
- ✓ затраты на утилизацию.

Проведем выбор насоса с аналогичными параметрами при помощи программы WiloSelect. Перечень исходных данных включает тип перекачиваемых вод с некоторыми уточнениями, то есть – Обработка загрязненных и сточных вод – Сбор и транспортировка сточных вод – Сточные воды/фекалии – погружные насосы (без режущего механизма). Затем указываются ключевые па-

раметры – расход и напор. Факультативно происходит установка температуры жидкости, плотность, вязкость и т.д.

После ввода исходных рабочих напора и расхода программа производит подбор и выводит окно сравнения всех затрат по установке и эксплуатации старого и только что подобранного оборудования. Среди предложенных вариантов программа WiloSelect выбрала насос FA 10.82-215E + T 17-4/16Hex.

Среди сравниваемых стоимостных характеристик можно увидеть: расходы на монтаж, инвестиционные затраты, затраты на годовое плановое техническое обслуживание, отчисления на окружающую среду, потери от простоя, другие годовые расходы.

В программе WiloSelect имеются не все детализирующие опции для расчета LCC (так же, как и для ввода исходных данных для подбора), предоставляемые программой WinCaps, а также присутствуют недочеты адаптации на русский язык, так как некоторые фразы не переведены, некоторые не соответствуют действительности, например «затраты на утилизацию» звучат как «отвод».

Сходства и отличия WinCaps от WiloSelect:

- 1) можно задаться изначально инженерной системой;
- 2) вводится расчетный период;
- 3) вводится время эксплуатации насоса за год;
- 4) вводится тариф на электроэнергию;
- 5) вводится увеличение стоимости электроэнергии;
- 6) в расчет LCC WinCaps включается больше статей затрат, а следовательно, более точно и надежно можно просчитать жизненный цикл работы насоса.

В таблице 1 приведены результаты выбора насосов по программам WinCaps и WiloSelect

Сравнительный анализ выбора насосов по программам WinCaps и WiloSelect

**Таблица 1 – Характеристики выбранных насосов по программам WinCaps и WiloSelect**

Программы	WinCAPS	WiloSelect
Тип насоса	SL1.100.100.40.4.51D.B	FA 10.82-215E + T 17-4/16HEX
Потребление энергии, (kWh/год)	188	349,8
Затраты на электроэнергию, (€/год)	18,8	34,48
Инвестиционные затраты	3621	2538
<b>Сумма затрат LCC, (€)</b>	<b>12631</b>	<b>12820</b>

С целью оценки эффективности программ выбора насосов были разработаны критерии, приведенные в таблице 2, и проведена экспертная оценка, результаты которой представлены на рис. 1.

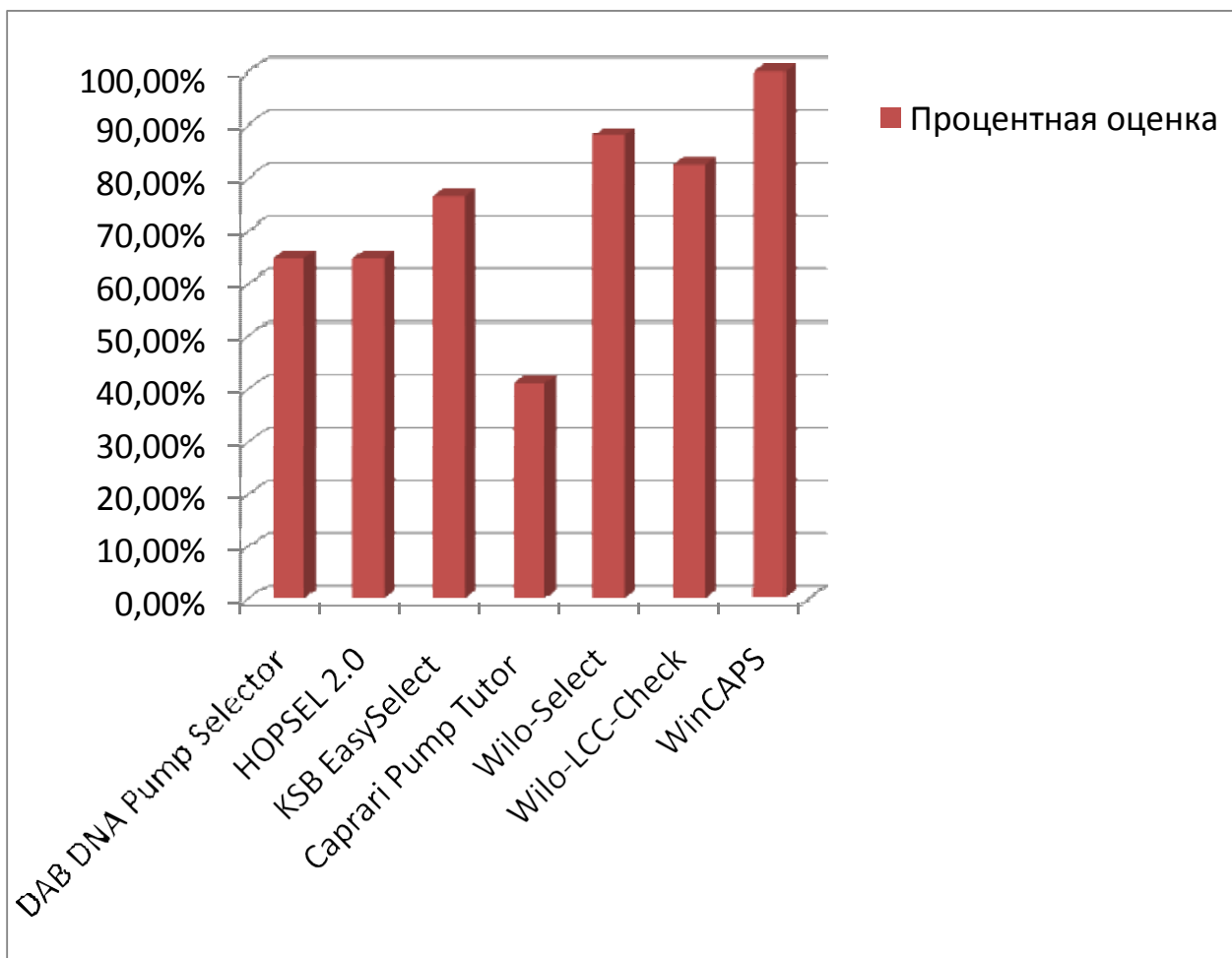


**Таблица 2 – Оценочные критерии программ по подбору насосов**

№ п/п	Критерии	DAB DNA Pump Selector	HOPSEL 2.0	KSB Easy Select	Caprari Pump Tutor	Wilo-Select	Wilo-LCC-Check	Win CAPS
	<b>I. Общая характеристика</b>	Италия	Германия	Германия	Италия	Германия	Германия	Дания
1	Инструкция по обслуживанию	+	+	+	+	+	-	+
2	Система Windows	+	+	+	+	+	+	+
3	Средние специальные знания технологии ВИК и компьютеров	-	+	-	-	+	+	+
4	Возможность использования MS Office	+	+	+	+	+	+	+
5	Наличие базы данных насосов	+	+	+	+	+	+	+
6	Работа в «on-line»	+	+	+	-	+	+	+
7	Неограниченность в выборе инженерных систем	+	-	+	-	+	+	+
8	Конвертация единиц измерения	+	+	+	+	+	+	+
9	Русский язык	+	+	+	-	+	+	+

Продолжение таблицы 2

№ п/п	Критерии	DAB DNA Pump Selector	HOPSEL 2.0	KSB Easy Select	Caprari Pump Tutor	Wilo-Select	Wilo-LCC-Check	Win CAPS
	<b>II. Техническое и экономическое оснащение ПК</b>							
10	Графическое построение технологической схемы	+	+	+	+	+	-	+
11	Оперативность изменения данных во время эксплуатации программы	+	-	+	-	+	+	+
12	Использование калькулятора в программе	-	+	-	-	-	-	+
13	Нахождение рабочей точки	+	+	+	+	+	+	+
14	Сравнение насосов	-	-	+	-	-	+	+
15	Замена насосов	-	-	-	-	+	+	+
16	Анализ потребления энергии	-	-	+	-	+	+	+
17	Расчет стоимости жизненного цикла (LCC)	-	-	-	-	+	+	+



**Рисунок 1** – Сравнение программ по подбору насосов на основании числа утвердительных ответов

### Общие выводы и предложения

1. В программе WinCaps имеется возможность ввода вручную большого количества параметров относительно таких же показателей в программе Wilo-LCC-Check, которые установлены по умолчанию.

2. Общий анализ программ по критериям общей характеристики технической оснащенности и расчета LCC показал, что наиболее продуктивной является программа WinCaps. Во-первых, проектировщики в ней имеют больше возможностей для ввода исходных данных, во-вторых, программа лучше адаптирована для условий Республики Беларусь.

### Список литературы

1. Pump life cycle costs: A guide to LCC analysis for pumping systems, Euro-pump and Hydraulic Institute, 2001.

2. Андерсен, Х.П. Европейские соглашения по энергетическим стандартам насосов. – «DanishBoardofDistrictHeating». – 2005.

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НЕКОТОРЫХ ОЗЕР г. ГОМЕЛЯ

**Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф., Жадько С.В.**

Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», г. Гомель, Республика Беларусь  
dajneko@gsu.by

*Some features of heavy metals accumulation by various environmental groups of plants were studied. Elodea canadensis, Lemna minor, Hydrocharis morsus-rapae contained the highest levels of heavy metals. These species can be used as indicators of water pollution.*

Прибрежно-водная растительность является одной из самых перспективных групп для фитомониторинга. Высшие водные растения играют важную роль среди биотических составляющих водных экосистем. Накапливая тяжелые металлы, они удерживают их в течение всего вегетационного периода и тем самым исключают их из круговорота в водоеме до своего отмирания и разложения. Прибрежно-водная растительность является хорошим объектом для многолетних наблюдений. Большую роль в фитомониторинге играют отдельные виды-индикаторы.

Целью работы явилось изучение особенностей накопления некоторых тяжелых металлов (ТМ) прибрежно-водной растительностью некоторых озер г. Гомеля.

Материалом для исследований послужили образцы прибрежно-водной растительности, отобранные одновременно с пробами воды и донных отложений в период максимальной физиологической активности водных растений (июль 2012 года).

Ниже приводится характеристика объектов изучения прибрежно-водной растительности озер г. Гомеля.

Объект № 1. Озеро Черное в северной части г. Гомеля вблизи рынка «Прудковский». Левый берег озера. Координаты: N 52°27' 932", E 31°01' 346",

Прибрежно-водная экосистема отнесена к асс. *Phragmitetumaustralis* (Gams 1927) Schmale 1939 союза *PhragmitonKoch* 1926, порядка *PhragmitetaliaKoch* 1926, класса *Phragmito-MagnocariceteaKlikainKlikaetNovak* 1941.

Объект № 2. Сельмашевское озеро северной окраины г. Гомеля. Координаты: N 52° 27' 889", E 30° 57' 638". I. Прибрежно-водная экосистема асс. *TyphetumlatifoliaeSoó* 1927 союза *PhragmitonKoch* 1926, порядка *PhragmitetaliaKoch* 1926, класса *Phragmito-MagnocariceteaKlikainKlikaetNovak* 1941.

Объект № 3. Озеро на северо-западной окраине г. Гомеля за Институтом радиологии. Координаты: N 52° 29' 161", E 30° 59' 308", E 30° 59' 308". Прибрежно-водная экосистема асс. *Phragmitetumaustralis* (Gams 1927) Schmale 1939 союза *PhragmitonKoch* 1926, порядка *PhragmitetaliaKoch* 1926, класса *Phragmito-MagnocariceteaKlikainKlikaetNovak* 1941.

Объект № 4. Озеро у Горбатого моста справа. Координаты: N 52° 28' 829", E 30° 58' 491". Водная экосистема отнесена к асс. *Lemnominoris-Salvinietumnantis* (Slavnić 1956) Korneck 1959 союза *Lemnominoris-Salvinietumnantis* Slavnić 1956 em. R. Tx. 1955, класса *Lemneteaminoris* R. Tx. 1955.

Прибрежное сообщество асс. *Cicuto-Caricetumpseudocyperus* союза *Magnocaricionelatae* W. Koch 1926, порядка *Magnocaricetalia* Pign. 1953, класса *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941.

Анализ проб воды (таблица 1) изучаемых объектов показал, что такие элементы, как железо, медь, кобальт, кадмий, свинец, хром, никель не обнаружили превышения ПДК во всех изучаемых объектах. По марганцу в 3-м и 4-м объектах отмечено превышение ПДК в 1,6–1,8 раза. Также небольшое превышение отмечено и по цинку.

Анализ проб почвы (таблица 2) выявил, что по марганцу, цинку, кобальту, кадмию, хрому не было превышения ПДК. По меди во 2-м объекте обнаружено превышение ПДК более, чем в 2 раза и в 4-м объекте в почве с берега в 1,4 раза. По цинку только небольшое превышение во втором объекте в почве с берега. Более чем в три раза выше ПДК было содержание свинца в 3-м объекте в почвогрунте из воды. Почти в три раза выше ПДК оказалось содержание никеля во 2-м и 4-м объектах в почве с берега.

Анализ результатов содержания тяжелых металлов в растительных образцах озер г. Гомеля (таблица 3) показал, что группа эугидрофитов с воздушными генеративными органами, укореняющиеся, состояла из одного вида и 2-х растительных образцов. Больше всего железа содержалось у элодеи канадской во 2-ом объекте, а высокий КН в 3-м объекте. В обоих образцах наблюдалось превышение фонового содержания меди во 2-м объекте в 1,9 раза, в 3-м в 1,1 раза, и здесь высокий КН. В обоих образцах также отмечено накопление цинка выше фона во 2-м объекте в 29,2 раза. В 3-м объекте – в 27,1 раза и марганца в 2,7 раза в обоих образцах. В двух образцах не обнаружено превышения фонового содержания по свинцу, по кадмию только во 2-м объекте содержание выше фона в 2,5 раза, по никелю в 3-м объекте в 1,7 раза и по хрому в этом же объекте в 3,5 раза.

Группа плейстогидрофитов неукореняющихся состоит из 2-х видов и 4-х растительных образцов. Во всех 4-х растительных образцах отмечено высокое содержание железа, особенно у ряски малой в 4-м объекте и у водокраса лягушачьего во 2-м объекте, у него же и самый высокий КН. Только в 2-х образцах наблюдалось превышение фонового содержания меди, а у ряски малой во 2-м объекте в 1,5 раза и у водокраса лягушачьего в 1,2 раза также во 2-м объекте, КН больше во 2-м объекте. Содержание цинка в 4-х объектах превышало фоновое в 56,4 раза у ряски малой во 2-м объекте, меньше всего у водокраса лягушачьего в 11,3 раза в 1-м объекте. Также и содержание марганца превышало фоновое содержание во всех растительных образцах от 4,4 раза у ряски малой в 4-м объекте до 1,2 раза у водокраса лягушачьего в 1-м объекте. Наибольший КН наблюдался у водокраса лягушачьего во 2-ом объекте. Во всех растительных образцах не отмечалось превышения фонового содержания по

свинцу и хрому, только один образец водокраса лягушачьего в 1-м и 2-м объектах превышал фоновое содержание по кадмию.

Группа аэрогидрофитов высокорослых состоит из четырех видов и пяти растительных образцов. В этой группе, по сравнению с предыдущей, содержание железа гораздо меньше, более всего накапливали железо тростник обыкновенный, манник большой во 2-м объекте, рогоз узколистный в 3-м объекте. Превышение фонового содержания меди обнаружено только у рогоза широколистного во 2-м объекте в 1,6 раза. Все растительные образцы превышали фоновое содержание по цинку в 18 раз, особенно рогоз широколистный в 3-ем объекте и в 10 раз у манника большого во 2-м объекте. Наибольший КН наблюдался у рогоза в 3-м объекте. Только у одного растительного образца из 5-ти зафиксировано превышения фонового содержания по марганцу в 1,8 раза у рогоза узколистного в 3-м объекте, у него же и самый высокий КН. По свинцу, кадмию, никелю и хрому не наблюдалось превышение фонового содержания этих элементов в растительных образцах.

Группа аэрогидрофитов среднерослых состоит из двух видов и двух растительных образцов. Наибольшее количество железа и КН наблюдались у осоки ложносытевой во 2-м объекте. В двух растительных образцах отмечалось превышение фонового содержания цинка в 12 раз у осоки ложносытевой во 2-м объекте и в 26,8 раза у стрелолиста обыкновенного в 3-м объекте. Из двух образцов только у стрелолиста обыкновенного в 3-м объекте отмечалось превышение фонового содержания марганца в 1,4 раза. По остальным элементам (меди, кадмию, свинцу, никелю и хрому) не наблюдалось превышение их фонового содержания в растительных образцах.

Группа эуигрофитов высокорослых состояла из двух видов и двух растительных образцов. Больше железа содержалось у вероники длиннолистной в 1-м объекте, здесь же и самый высокий КН. У этой группы только содержание цинка в двух образцах превышало фоновое у двукисточника тростниковидного в 2,3 раза и вероники длиннолистной в 16,3 раза. У них же и выше КН. В двух растительных образцах не отмечено превышения фонового содержания по меди, марганцу, свинцу, кадмию, хрому и никелю.

Группа эуигрофитов среднерослых состоит из четырех видов и шести растительных образцов. Наибольшее количество железа наблюдалось у череды трёхраздельной во 2-м объекте, а наибольший КН – у мятлика болотного в 1-м объекте. Практически только у череды трёхраздельной во 2-м объекте отмечалось превышение фонового содержания по меди в 2,6 раза. У всех растительных образцов наблюдалось превышение фонового содержания по цинку от 30,3 раза до 7,9 раза. Наибольший КН зафиксирован у мятлика болотного в 1-м объекте. Количество марганца и свинца во всех растительных образцах не превышало их фонового содержания. Из 6-ти растительных образцов у 3-х наблюдалось превышение фонового содержания по кадмию у крапивы двудомной и мятлика болотного в 1-м объекте в 1,3 раза и череды трёхраздельной во 2-ом объекте в 37,4 раза. Только в одном образце у череды трёхраздельной во 2-м объекте наблюдалось превышение фонового содержания никеля в 1,9 раза и хрома в 2,3 раза.

Группа гигрогелофитов среднерослых состояла из трех видов и пяти растительных образцов. Наибольшее количество железа оказалось у омежника водного в 4-м объекте, а КН выше у овсяницы луговой в 1-м объекте. Во всех растительных образцах не обнаружено превышения фонового содержания по меди, марганцу, свинцу, кадмию, хрому и только в одном образце полевицы побегообразующей отмечено превышение фонового содержания по никелю в 1,4 раза.

Анализ содержания тяжелых металлов среди экологических групп показал, что наибольшее содержание железа наблюдалось у эугидрофитов с воздушными генеративными органами укореняющихся и плейстогидрофитов неукореняющихся, а наименьшим содержанием характеризовалась группа аэрогидрофитов в высокорослых. Также наибольшее содержание меди отмечено у эугидрофитов с воздушными генеративными органами, укореняющимися и у плейстогидрофитов, неукореняющихся, соответственно превышение составило у 1-й группы в 1,5 раза, а во второй в 1,2 раза. У этих же групп отмечено и превышение фонового содержания по цинку в 28,2 раза в 1-й группе и в 26,8 раза во 2-й; в этой группе был наибольший КН. Меньше всего содержалось цинка у аэрогидрофитов высокорослых – 13,8 раза. Содержание кобальта во всех экологических группах не превышало фонового содержания.

Наибольшее содержание марганца и КН отмечено у группы плейстогидрофитов неукореняющихся, превышение составило 3,2 раза, и у эугидрофитов с воздушными генеративными органами укореняющимися в 2,7 раза. Наименьшим содержанием марганца характеризовалась группа эуигрофитов среднерослых и группа гигрогелофитов среднерослых. Во всех экологических группах не обнаружено превышения фонового содержания свинца. Однако в первых двух группах содержание свинца оказалось гораздо выше, чем в остальных экологических группах.

В двух экологических группах наблюдалось превышение фонового содержания кадмия: у эуигрофитов среднерослых в 6,9 раза и у эугидрофитов с воздушными генеративными органами, укореняющимися – в 1,5 раза.

Практически во всех экологических группах не отмечено превышения фонового содержания никеля. Только в одной экологической группе эугидрофиты с воздушными генеративными органами укореняющимися наблюдалось превышение фонового содержания хрома в 1,8 раза, в остальных группах отмечалось незначительное его накопление.

Анализ прибрежно-водной растительности изучаемых объектов г. Гомеля в 2012 году выявил, что из 26 проанализированных образцов у шести (23,1 %) содержание меди превышало фоновое. Все 26 растительных образцов накапливали цинк выше фонового содержания, а свинца, наоборот, ниже фона. В девяти растительных образцах (34,7 %) установлено накопление марганца выше фонового содержания. Только у одного образца накопление кобальта превышало фоновое. В шести растительных образцах (23,1 %) содержание кадмия, в четырех (15,4 %) содержание никеля и в двух (7,7 %) содержание хрома было выше фона.

**Таблица 1 – Анализ проб воды изучаемых объектов г. Гомеля**

Номер объекта	Определяемый показатель, мг/л								
	Fe	Mn	Cu	Zn	Co	Cd	Pb	Cr	Ni
Объект 1	0,005	0,008	<0,0010	0,0076	<0,001	<0,0001	0,0072	<0,001	<0,0010
Объект 2	0,022	0,097	<0,0010	0,0040	<0,001	0,0040	0,0021	<0,001	0,0068
Объект 3	0,0329	0,1628	0,0048	0,0162	<0,001	<0,0001	<0,0010	<0,001	<0,0010
Объект 4	0,0352	0,1807	0,0010	0,0112	<0,001	<0,0001	<0,0010	<0,001	<0,0010
ПДК, мг/л	0,1	0,1	0,1	0,01	0,01	0,005	0,1	0,001	0,01

**Таблица 2 – Анализ проб почвы изучаемых объектов г. Гомеля**

№ объекта	Вид пробы	Определяемый показатель, мг/кг								
		Fe	Mn	Cu	Zn	Co	Cd	Pb	Cr	Ni
1	почвогрунт из воды	36,33	13,97	0,47	2,80	<0,09	<0,008	1,13	<0,030	0,383
1	почва с берега	52,93	22,75	0,59	5,32	<0,09	<0,008	1,98	<0,030	0,436
2	почвогрунт из воды	212,35	118,08	7,13	35,39	0,80	0,040	24,58	0,334	3,034
2	почва с берега	188,33	169,73	6,85	39,06	0,79	<0,008	16,37	2,587	11,429
3	почвогрунт из воды	51,55	42,85	1,11	9,07	0,21	<0,008	88,42	0,042	0,603
3	почва с берега	109,45	212,70	2,45	8,41	0,50	<0,008	8,76	0,329	1,458
4	почвогрунт из воды	119,45	106,95	1,31	10,23	0,19	<0,008	2,03	0,081	1,332
4	почва с берега	519,58	281,53	4,78	34,44	1,02	<0,008	10,90	0,654	4,843
ПДК, мг/кг		-	1500,0	3,0	37,0	20,0	0,4	25,0	6,0	4,0



**Таблица 3 – Анализ прибрежно-водной растительности изучаемых объектов г. Гомеля**

Номер объекта	Железо	Медь	Цинк	Кобальт	Марганец	Свинец	Кадмий	Никель	Хром
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Эугидрофиты с воздушными генеративными органами укореняющиеся</i>									
Элодея канадская, 2	<u>6355,270</u> 29,928	<u>6,580</u> 0,923	<u>41,160</u> 1,163	<u>0,010</u> 0,013	<u>827,530</u> 7,008	<u>0,088</u> 0,004	<u>0,025</u> 0,628	<u>0,155</u> 4,559	<u>0,003</u> 0,009
Элодея канадская, 3	<u>3975,060</u> 77,111	<u>3,870</u> 3,486	<u>38,240</u> 4,216	<u>0,014</u> 0,067	<u>819,960</u> 19,136	<u>0,607</u> 0,007	<u>0,005</u> 0,600	<u>0,502</u> 0,833	<u>1,200</u> 28,571
Среднее содержание	<u>5165,170</u> 39,145	<u>5,230</u> 1,269	<u>39,700</u> 1,786	<u>0,012</u> 0,024	<u>823,750</u> 10,237	<u>0,348</u> 0,006	<u>0,015</u> 0,625	<u>0,329</u> 1,033	<u>0,602</u> 3,202
<i>Плейстогидрофиты неукореняющиеся</i>									
Водокрас лягушачий, 1	<u>982,130</u> 196426,0	<u>2,660</u> 2660,000	<u>15,980</u> 2102,632	<u>0,009</u> 9,000	<u>347,880</u> 43485,00	<u>0,013</u> 1,833	<u>0,013</u> 129,000	<u>0,021</u> 21,000	<u>0,003</u> 3,000
Водокрас лягушачий, 2	<u>4556,700</u> 207122,72	<u>4,260</u> 4260,000	<u>24,680</u> 6170,000	<u>0,009</u> 9,000	<u>1107,650</u> 11419,07	<u>0,428</u> 203,571	<u>0,001</u> 0,200	<u>0,598</u> 87,941	<u>0,003</u> 3,000
Ряска малая, 2	<u>3742,780</u> 170126,36	<u>5,100</u> 5100,000	<u>79,530</u> 19882,50	<u>0,010</u> 10,000	<u>1105,650</u> 11398,45	<u>0,038</u> 18,048	<u>0,002</u> 0,525	<u>0,309</u> 45,441	<u>0,003</u> 3,000
Ряска малая, 4	<u>5887,690</u> 167263,9	<u>1,58</u> 1580,0	<u>31,330</u> 2797,321	<u>0,009</u> 9,000	<u>1327,130</u> 7344,383	<u>0,015</u> 15,000	<u>0,001</u> 8,000	<u>0,006</u> 6,000	<u>0,047</u> 47,000
Среднее содержание	<u>3792,330</u> 180158,19	<u>4,010</u> 4010,000	<u>37,880</u> 5653,731	<u>0,009</u> 9,000	<u>972,080</u> 10160,23	<u>0,123</u> 39,677	<u>0,004</u> 2,049	<u>0,234</u> 60,000	<u>0,014</u> 14,000
<i>Аэрогидрофиты высокорослые</i>									
Манник большой, 2	<u>102,330</u> 0,482	<u>3,000</u> 0,421	<u>14,280</u> 0,404	<u>0,009</u> 0,011	<u>104,560</u> 0,886	<u>0,030</u> 0,001	<u>0,001</u> 0,020	<u>0,133</u> 0,044	<u>0,003</u> 0,009

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рогоз широколистный, 2	<u>61,180</u> 0,288	<u>5,620</u> 0,788	<u>18,360</u> 0,519	<u>0,009</u> 0,011	<u>222,460</u> 1,884	<u>0,009</u> 0,001	<u>0,004</u> 0,090	<u>0,057</u> 0,019	<u>0,003</u> 0,009
Рогоз широколистный, 3	59,910	1,460	25,410	0,009	190,630	0,015	0,009	0,051	0,003
	1,162	1,315	2,802	0,018	4,449	0,000	1,063	0,085	0,071
Рогоз узколистный, 3	<u>102,790</u> 1,994	<u>2,110</u> 1,901	<u>18,130</u> 1,999	<u>0,009</u> 0,018	<u>544,560</u> 12,709	<u>0,015</u> 0,000	<u>0,007</u> 0,825	<u>0,119</u> 0,197	<u>0,012</u> 0,286
Тростник обыкновенный, 2	1,042	221,370 0,072	21,320 0,602	0,009 0,011	516,900 4,378	0,024 0,001	0,015 0,363	0,030 0,010	0,021 0,063
Среднее содержание	<u>109,520</u> 0,740	<u>2,540</u> 0,538	<u>19,500</u> 0,784	<u>0,009</u> 0,013	<u>315,820</u> 3,589	<u>0,019</u> 0,000	<u>0,007</u> 0,250	<u>0,078</u> 0,038	<u>0,008</u> 0,037
<i>Аэрогидрофиты среднерослые</i>									
Осока ложносытевая, 2	<u>285,860</u> 1,346	<u>3,590</u> 0,504	<u>16,910</u> 0,478	<u>0,009</u> 0,011	<u>238,220</u> 2,017	<u>0,030</u> 0,001	<u>0,001</u> 0,020	<u>0,133</u> 0,044	<u>0,003</u> 0,009
Стрелолист обыкновенный, 3	<u>9,970</u> 0,193	<u>3,550</u> 3,198	<u>37,740</u> 4,161	<u>0,009</u> 0,043	<u>409,740</u> 9,562	<u>0,015</u> 0,000	<u>0,008</u> 0,950	<u>0,143</u> 0,237	<u>0,003</u> 0,071
Среднее содержание	<u>147,920</u> 1,121	<u>3,570</u> 0,867	<u>27,330</u> 1,229	<u>0,009</u> 0,018	<u>323,980</u> 4,026	<u>0,023</u> 0,000	<u>0,004</u> 0,175	<u>0,138</u> 0,076	<u>0,003</u> 0,016
<i>Эугидрофиты высокорослые</i>									
Двуклосточник тростниковидный, 3	<u>87,620</u> 0,801	<u>0,650</u> 0,265	<u>32,830</u> 3,904	<u>0,009</u> 0,018	<u>27,380</u> 0,129	<u>0,015</u> 0,002	<u>0,007</u> 0,888	<u>0,060</u> 0,041	<u>0,003</u> 0,009
Вероника длиннолистная, 1	<u>114,630</u> 2,166	<u>2,120</u> 3,593	<u>23,290</u> 4,378	<u>0,009</u> 0,100	<u>132,510</u> 5,825	<u>0,101</u> 0,051	<u>0,009</u> 1,175	<u>0,178</u> 0,408	<u>0,021</u> 0,700
Среднее содержание	<u>101,130</u> 1,246	<u>1,390</u> 0,914	<u>28,060</u> 4,087	<u>0,009</u> 0,031	<u>79,950</u> 0,679	<u>0,058</u> 0,011	<u>0,008</u> 1,038	<u>0,119</u> 0,126	<u>0,012</u> 0,067
<i>Эугидрофиты среднерослые</i>									
Крапива двудомная, 1	<u>103,760</u> 1,960	<u>2,270</u> 3,847	<u>16,710</u> 3,141	<u>0,009</u> 0,100	<u>128,240</u> 5,637	<u>0,142</u> 0,072	<u>0,013</u> 1,600	<u>0,223</u> 0,511	<u>0,019</u> 0,633

Окончание *таблицы 3*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Крапива двудомная, 2	<u>197,690</u> 1,050	<u>3,670</u> 0,536	<u>23,220</u> 0,594	<u>0,009</u> 0,011	<u>30,920</u> 0,182	<u>0,015</u> 0,001	<u>0,005</u> 0,600	<u>0,037</u> 0,003	<u>0,022</u> 0,009
Черёда трехраздельная, 2	<u>253,500</u> 1,346	<u>9,140</u> 1,334	<u>42,750</u> 1,094	<u>0,009</u> 0,011	<u>122,270</u> 0,720	<u>0,676</u> 0,041	<u>0,374</u> 46,700	<u>0,562</u> 0,049	<u>0,788</u> 0,305
Мятлик луговой, 1	<u>93,340</u> 1,763	<u>2,650</u> 4,492	<u>11,140</u> 2,094	<u>0,009</u> 0,100	<u>74,030</u> 3,254	<u>0,073</u> 0,037	<u>0,004</u> 0,525	<u>0,189</u> 0,433	<u>0,008</u> 0,267
Мятлик луговой, 4	<u>97,720</u> 0,188	<u>1,250</u> 0,262	<u>16,470</u> 0,478	<u>0,009</u> 0,009	<u>24,970</u> 0,089	<u>0,015</u> 0,001	<u>0,004</u> 0,051	<u>0,048</u> 0,010	<u>0,003</u> 0,005
Мятлик болотный, 1	<u>129,300</u> 2,443	<u>1,960</u> 3,322	<u>17,320</u> 3,256	<u>0,009</u> 0,100	<u>44,680</u> 1,964	<u>0,076</u> 0,038	<u>0,013</u> 1,650	<u>0,189</u> 0,433	<u>0,003</u> 0,100
Среднее содержание	<u>145,890</u> 0,829	<u>3,490</u> 1,034	<u>21,270</u> 0,993	<u>0,009</u> 0,019	<u>70,850</u> 0,617	<u>0,166</u> 0,020	<u>0,069</u> 3,440	<u>0,208</u> 0,043	<u>0,141</u> 0,143
<i>Гигрогеллофиты среднерослые</i>									
Омежник водный, 4	<u>430,110</u> 0,828	<u>1,110</u> 0,232	<u>45,300</u> 1,315	<u>0,009</u> 0,009	<u>177,430</u> 0,630	<u>0,015</u> 0,001	<u>0,001</u> 0,100	<u>0,059</u> 0,012	<u>0,044</u> 0,067
Полевика побегообразующая, 2	<u>165,640</u> 0,880	<u>2,430</u> 0,355	<u>11,160</u> 0,286	<u>0,009</u> 0,011	<u>68,930</u> 0,406	<u>0,137</u> 0,008	<u>0,005</u> 0,675	<u>0,408</u> 0,036	<u>0,003</u> 0,001
Овсяница луговая, 1	<u>118,370</u> 2,236	<u>1,730</u> 2,932	<u>16,540</u> 3,109	<u>0,009</u> 0,100	<u>36,220</u> 1,592	<u>0,089</u> 0,045	<u>0,004</u> 0,450	<u>0,146</u> 0,335	<u>0,006</u> 0,200
Овсяница луговая, 3	<u>92,970</u> 0,849	<u>1,600</u> 0,653	<u>15,620</u> 1,857	<u>0,009</u> 0,018	<u>37,840</u> 0,178	<u>0,111</u> 0,013	<u>0,009</u> 1,163	<u>0,024</u> 0,016	<u>0,005</u> 0,015
Овсяница луговая, 4	<u>121,540</u> 0,234	<u>1,830</u> 0,383	<u>19,330</u> 0,561	<u>0,009</u> 0,009	<u>26,040</u> 0,092	<u>0,025</u> 0,002	<u>0,005</u> 0,663	<u>0,043</u> 0,009	<u>0,003</u> 0,005
Среднее содержание	<u>185,730</u> 0,668	<u>1,740</u> 0,447	<u>21,590</u> 0,887	<u>0,009</u> 0,013	<u>69,290</u> 0,358	<u>0,075</u> 0,008	<u>0,005</u> 0,613	<u>0,136</u> 0,030	<u>0,012</u> 0,014
Фоновое содержание, мг/кг	-	3,500	1,410	0,01	301,000	2,380	0,010	0,300	0,340

## ОТРАЖЕНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА КАЧЕСТВЕ ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНОЙ ГИДРОСФЕРЫ (НА ПРИМЕРЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ)

**Дмитриева В.А., Нефедова Е.Г.**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Российская Федерация, verba47@list.ru

*The article describes the most important sources of water pollution of Voronezh region. Also it gives information about chemical composition transformation of water resources due to economic use. Recommendations on improvement of water quality are developed.*

### **Введение**

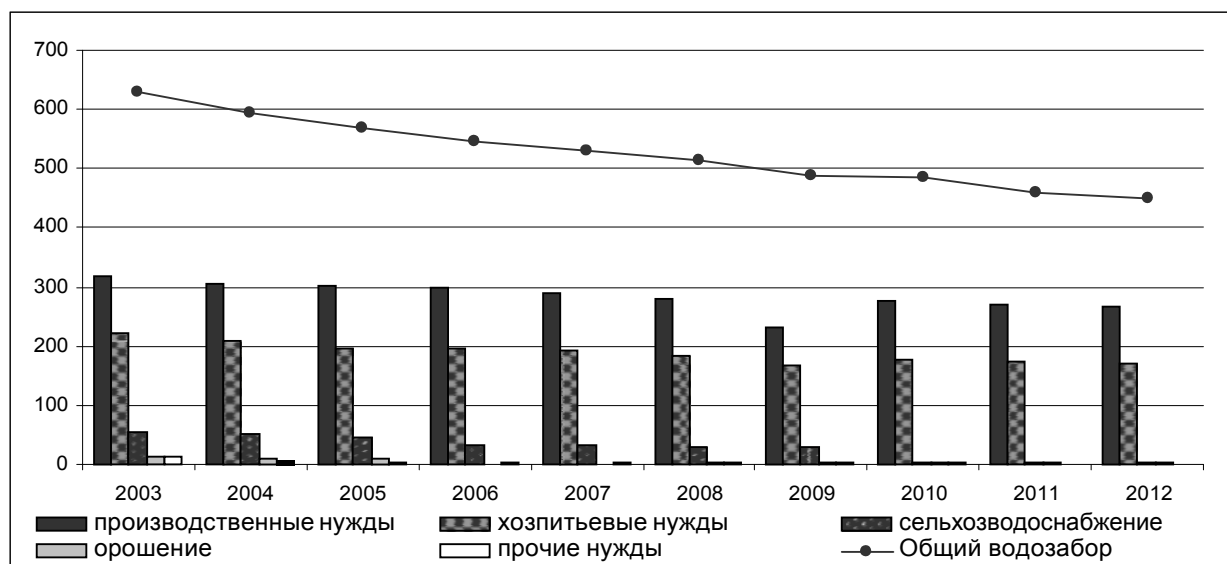
Поверхностная гидросфера является одним из наиболее ценных ресурсов планеты, но, вместе с тем, она весьма уязвима. Чрезмерное изъятие воды из водных объектов, сброс недостаточно очищенных сточных вод, смыв пестицидов с поверхности водосбора при формировании стока – вот неполный перечень негативных факторов, приводящих к ухудшению качества поверхностных вод. Водные ресурсы местного формирования Воронежской области гораздо ниже суммарных ресурсов с учетом транзитных водных потоков [2]. Это заставляет задуматься о рациональном использовании вод, не наносящем ущерба окружающей среде и экономике сопредельных регионов. Одним из аспектов такого использования является поддержание высокого качества водных ресурсов, в связи с чем, анализ действующих и потенциальных источников его ухудшения является весьма актуальной задачей.

### **Основные факторы воздействия на качество воды**

На территории Воронежской области ресурсы поверхностных вод уменьшаются с северо-запада на юго-восток. Большая часть естественных запасов поверхностных вод сосредоточена в реках (ресурсы местного речного стока составляют 3,62 км<sup>3</sup>), имеются также озера и болота, но они не получили широкого площадного распространения. Для надежного обеспечения хозяйственных нужд в области создаются пруды и водохранилища, суммарное количество которых составляло на 2008 г. около 1500 [1, 3].

В процессе хозяйственной деятельности человек оказывает прямое или косвенное влияние на водные ресурсы. Наиболее заметное и быстрое изменение свойств водных объектов происходит при отборе чистой воды и сбросе недостаточно очищенных сточных вод.

На протяжении последних десяти лет суммарный объем водозабора снижается. Соотношение воды, используемой различными субъектами экономики, изменяется мало (рис. 1). В общем объеме водозабора из поверхностных водных объектов изымается чуть более половины (в 2012 г. 241,2 млн м<sup>3</sup> – 53,5 %). Эта вода затрачивается в основном на нужды промышленных предприятий и орошения. Питьевое водоснабжение населения осуществляется из подземных водоносных горизонтов [4].



**Рисунок 1** – Отраслевая структура водопотребления в 2003–2012 гг., млн м<sup>3</sup>

Все субъекты экономики осуществляют водоотведение в поверхностные водные объекты, в связи с чем суммарный его объем превышает объем водозабора (260,95 млн м<sup>3</sup>). При этом велика доля недостаточно очищенных сточных вод (131,08 млн м<sup>3</sup>) и составляет 50,2 % в структуре отводимых сточных вод и 54 % относительно водозабора [4].

Основными поставщиками недостаточно очищенных сточных вод являются коммунальные предприятия (МУП «Водоканал Воронежа», ООО Левобережные очистные сооружения г. Воронеж, Аннинский МУП «Водоканал» пгт Анна), предприятия пищевой промышленности (ОАО «Комбинат мясной Калачеевский», ОАО «Евдаковский масложировой комбинат»). В 2012 г. также были выявлены превышения при сбросе сточных вод ЗАО «Воронежский шинный завод» [5, 7].

В сравнении с 2011 годом в общем объеме отводимых сточных вод незначительно возросло содержание азота аммонийного, железа, никеля, СПАВ, сульфатов, хрома шестивалентного, трудноокисляемых органических веществ, более чем в 3 раза возросло поступление магния. По абсолютному содержанию в сточных водах преобладают сухой остаток (90,1 тыс. т), хлориды (14,5 тыс. т), сульфаты (11,3 тыс. т), нитраты (3,8 тыс. т), трудноокисляемые органические вещества (2,7 тыс. т), взвешенные вещества (1,5 тыс. т), легкоокисляемые органические вещества (1,4 тыс. т) [7].

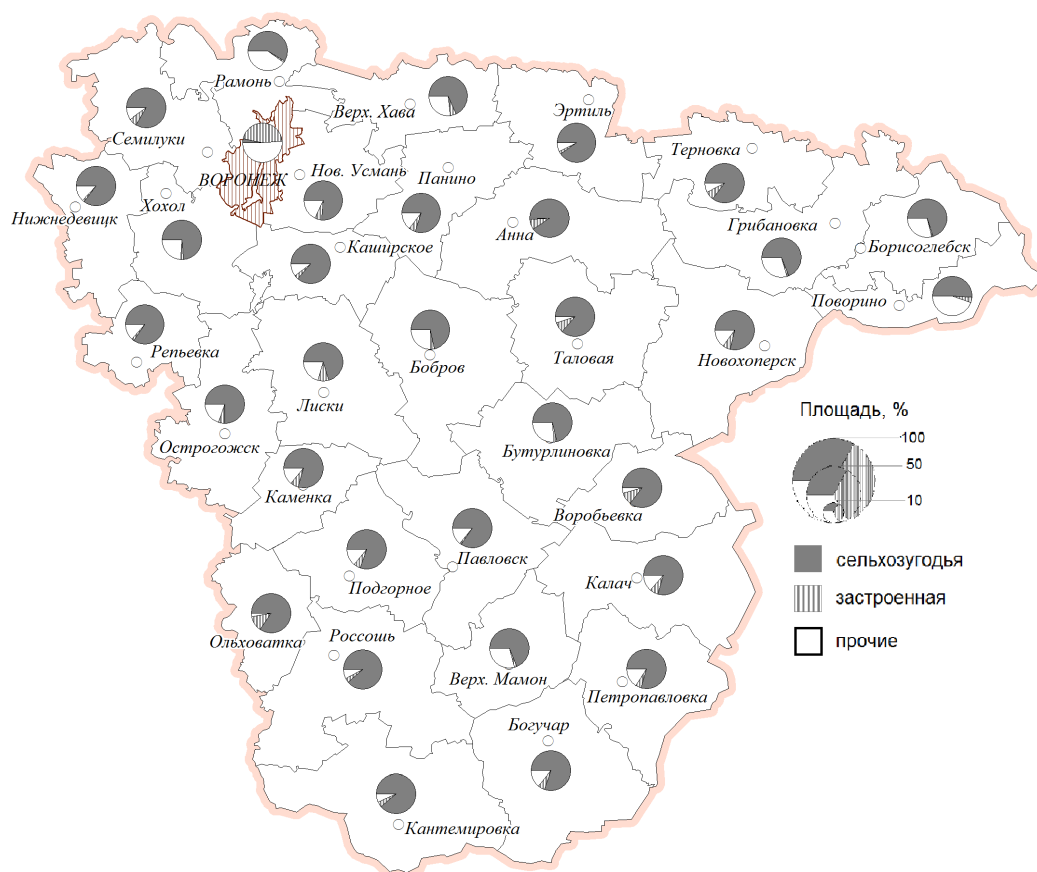
В естественных условиях в пределах области формируются воды гидрокарбонатного класса кальциевой группы. В связи с этим поступление хлоридов и сульфатов, а также магния в больших количествах может быть потенциально опасным, высокое их содержание генетически не характерно для поверхностных вод рассматриваемой территории. Нитраты и органические вещества нарушают естественный баланс экосистем и способны вызвать эвтрофирование водных объектов, тогда как чрезмерное поступление взвешенных веществ ускоряет их заиление. То есть поступление этих веществ, помимо ухудшения качества воды, в настоящее время способно вызвать в перспективе необратимую трансформацию водных объектов.

Дополнительным источником загрязнителей является смыв с поверхности загрязненных водосборов. Наибольший негативный эффект в этом случае

оказывает нарушение режима природопользования в водоохраных зонах. В 2012 г. Управлением Росприроднадзора по Воронежской области было выявлено 8 нарушений режима использования водоохраных зон рр. Дон, Воронеж, Усмань, Ведуга, оз. Кривое, 13 мест размещения отходов производства и потребления. Помимо органических, биогенных и взвешенных веществ, такие объекты являются источником поступления нефтепродуктов, тяжелых металлов и других веществ, концентрации которых могут превышать предельно допустимые в сотни раз, что делает их чрезвычайно опасными [5, 7].

Сильно загрязненные воды формируются на территории г. Воронежа (в других городах области их количество меньше), в черте которого частично расположены такие крупные водные объекты, как Воронежское водохранилище и р. Дон. Согласно ориентировочным оценкам, с территории городов суммарный объем поверхностного стока составляет около 108 млн. м<sup>3</sup>, что сопоставимо с объемом неочищенных сточных вод. Таким путем в водные объекты дополнительно может поступать до 3,5 тыс. т органических веществ. Кроме того, эти воды загрязнены соединениями азота, фосфора, ионами тяжелых металлов, СПАВ и другими веществами [7].

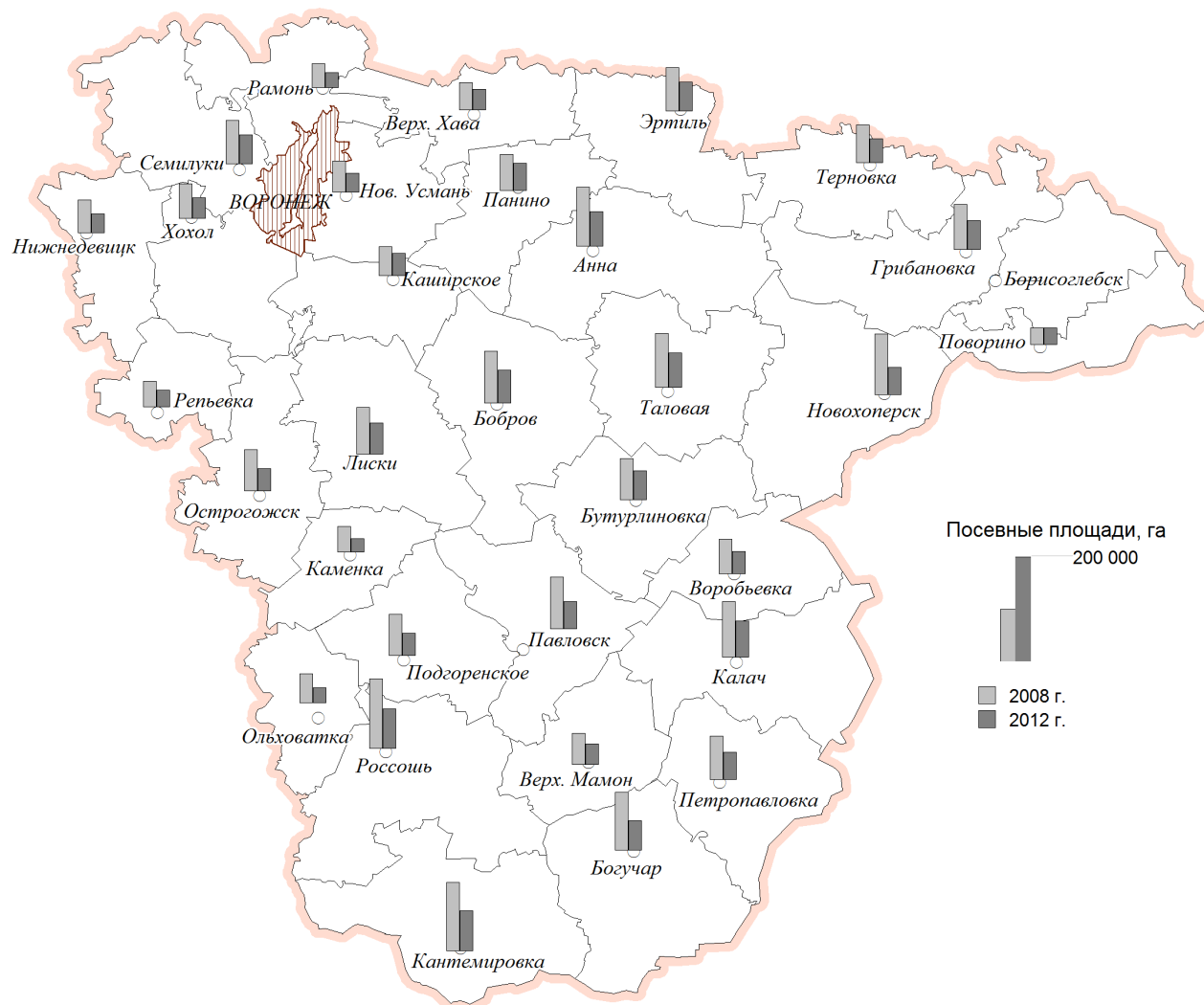
Поверхностный смыв с сельскохозяйственных угодий опасен вследствие их значительного площадного распространения. В 2008 г. сельхозугодья преобладали почти во всех административных единицах Воронежской области (рис. 2) [10].



**Рисунок 2** – Соотношение площадей различного использования в 2008 г.

Несмотря на то, что количество посевных площадей за последние 5 лет существенно сократилось (рис. 3), доля их в структуре районов все еще высока.

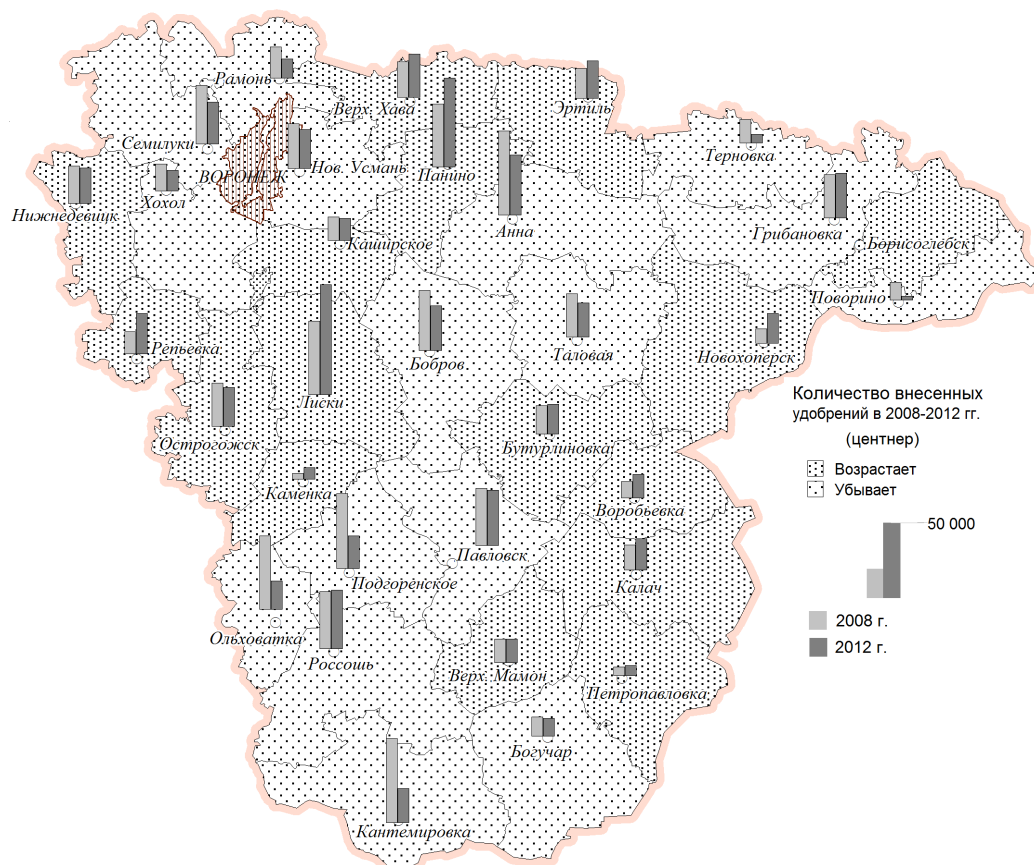
Наибольшие площади сельскохозяйственные земли занимают в Аннинском, Калачеевском, Кантемировском, Россошанском и Таловском районах (более 100 тыс. га), что создает повышенную опасность выноса взвешенных веществ в реки Битюг, Подгорная, Богучарка, Черная Калитва, Чигла и их притоки [10].



**Рисунок 3** – Изменение посевных площадей в 2012 г. относительно 2008 г.

В водные объекты с распаханых сельскохозяйственных угодий поступают с поверхностным стоком взвешенные и органические вещества, азот, фосфор и калий, содержащиеся в минеральных удобрениях. По различным оценкам, с сельскохозяйственных угодий может выноситься от 10–25 до 30–35 % внесенных минеральных удобрений, в зависимости от их количества. Существенное влияние при этом имеет также количество выпавших осадков и время, прошедшее с момента внесения удобрений до выпадения осадков, степень распаханности водосбора и его эрозионной расчлененности [7, 9].

На территории Воронежской области выращиваются различные сельскохозяйственные культуры, требующие разного количества и набора питательных веществ (зерновые и зернобобовые культуры, подсолнечник, бахчевые культуры, картофель, сахарная свекла, овощи и др.), в связи с этим количество вносимых удобрений неравномерно в различных районах и изменяется с течением времени (рис. 4) [10].



**Рисунок 4 – Изменение количества внесенных удобрений в 2008–2012 гг.**

Для большинства районов с максимальными площадями сельхозугодий характерно сокращение количества вносимых удобрений, хотя в Аннинском и Россошанском районах оно все еще велико. Максимальные удельные величины вносимых удобрений (центнер на гектар) характерны для Лискинского, Панинского, Репьевского и Новоусманского районов. Для первых двух характерно также и максимальное абсолютное количество вносимых удобрений. Это создает повышенную опасность выноса азота и фосфора в реки Дон, Битюг, Икорец и Усмань [10].

#### **Динамика качества поверхностных вод**

Наблюдения за качеством воды на водных объектах Воронежской области ведутся Воронежским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС), Департаментом природных ресурсов и экологии Воронежской области, Управлением Роспотребнадзора по Воронежской области, Отделом водных ресурсов Донского бассейнового водного управления по Воронежской области. Мониторинг, проводимый этими ведомствами за последние годы, показал, что качество поверхностных вод в пределах области довольно стабильно и характеризуется в большинстве водных объектов 3 классом, согласно удельному комбинаторному индексу загрязненности воды (УКИЗВ) [6, 7].

В соответствии с последними исследованиями, качество воды поверхностных водных объектов улучшалось с конца 1990-х гг. вплоть до 2008 г. одновременно с сокращением объема сточных вод. Однако в последние годы, несмотря на сохраняющуюся отрицательную динамику сточных вод, качество воды ухудшается, что, вероятно, вызвано повышением доли загрязненных сточных вод [8].



Наблюдения, проводимые Воронежским ЦГМС в последние годы, отражают уменьшение количества створов, вода в которых характеризуется 2 классом качества и увеличение створов с 3 и 4 классами качества. Так, в 2010 г. вода 2 класса отмечалась в р. Дон в фоновых створах г. Лиски, г. Павловск и у с. Новая Калитва; а также в Воронежском водохранилище выше г. Воронеж; р. Битюг, 3 км к В от р.п. Анна, 2 км к В от г. Бобров; р. Хопер, 1 км к ЮЗ от г. Борисоглебск, р. Ворона в черте г. Борисоглебск. В 2011 г. 2 классом качества характеризовалась вода в р. Дон в фоновых створах у г. Павловск и у с. Новая Калитва; а также в р. Битюг, 3 км к В от р.п. Анна; р. Хопер, 1 км к ЮЗ от г. Борисоглебск. К 4 классу относилась вода Воронежского водохранилища в 2,5 км ниже г. Воронеж. Вода прочих обследованных водных объектов в 2010–2011 гг. характеризовалась 3 классом качества. В 2012 г. створов, вода которых характеризовалась 2 классом качества, не наблюдалось. Напротив, увеличилось количество створов, вода которых характеризовалась 4 классом: р. Дон в 2,5 км к ЮЗ от г. Нововоронеж; р. Битюг, ниже г. Бобров; р. Черная Калитва, ниже г. Россошь [6].

Это означает, что, несмотря на увеличение водности водотоков в 2012 г., относительно маловодных 2010 и 2011 гг., качество воды постепенно ухудшается. Вместе с тем, можно отметить, что в 2012 г. не наблюдалось случаев высокого (ВЗ) и экстремально высокого загрязнений (ЭВЗ) водных объектов в сравнении с 2010 и 2011 гг., когда отмечались ЭВЗ по растворенному кислороду [6, 8].

В створах, наблюдаемых Департаментом природных ресурсов и экологии, вода в 2012 г. характеризовалась 3 классом качества. В рр. Ворона и Усмань класс качества изменился со 2 на 3 в сравнении с 2011 г. В прочих обследованных водных объектах качество воды не изменилось либо незначительно ухудшилось без изменения класса. На протяжении последних лет к наиболее загрязненным участкам обследованных водных объектов относятся Воронежское водохранилище (в створах 2,5 км и 7 км ниже г. Воронеж), р. Дон (створ у с. Малышево и у с. Новая Калитва) и р. Тихая Сосна (створ ниже г. Острогжск) [4, 7].

Основными загрязняющими веществами обследованных водных объектов являются легкоокисляемые и трудноокисляемые органические вещества, фосфаты, азот нитритный и аммонийный, железо общее, соединения меди и нефтепродукты. Это позволяет предположить в качестве основных источников влияния на качество воды как организованные источники сброса сточных вод (в особенности коммунальные и пищевые предприятия), так и поверхностный смыв с загрязненных территорий (сельскохозяйственных угодий, городов), а также нарушение режима водоохраных зон водных объектов [4, 5, 6, 7].

### **Заключение**

В результате хозяйственной деятельности в пределах области отмечается ухудшение качества поверхностных вод. Особенно интенсивное воздействие сточных вод испытывают р. Дон (гг. Воронеж, Лиски, Нововоронеж), Воронежское водохранилище (в черте г. Воронеж), р. Тихая Сосна (г. Острогжск), р. Битюг (гг. Анна, Бобров), р. Черная Калитва (г. Россошь). Риск загрязнения взвешенными и биогенными веществами с поверхностным стоком повышается в районах с наибольшими посевными площадями и наибольшим количеством внесенных удобрений. В пределах области по-прежнему имеет место наруше-

ние режима водоохраных зон, в том числе захламление, мойка автомашин, неорганизованный отдых населения, сельскохозяйственное использование, размещение в их пределах несанкционированных свалок и др.

Для повышения качества водных ресурсов необходимо сократить долю загрязненных сточных вод в структуре водоотведения путем строительства новых и ремонта существующих очистных сооружений с доведением воды до качества, позволяющего ее повторное использование. Повысить долю оборотного и повторно-последовательного использования воды, в лучшем случае с повторным использованием извлеченных компонентов. Положительным аспектом будет являться также снижение удельной водоемкости выпускаемой продукции, заинтересованность водопользователей в рациональном и бережном использовании воды (путем совершенствования системы поощрений и штрафов в водопользовании).

Для борьбы с воздействием загрязненного поверхностного стока в городах необходимо строительство ливневых канализаций с высокой эффективностью очистки. Для сокращения воздействия стока с сельскохозяйственных угодий – соблюдение режима водоохраных зон и их облесение, сокращение почвенной эрозии, обоснованное внесение удобрений и оптимизация режима полива орошаемых угодий.

При рекреационном использовании водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы водного объекта – соблюдение норм природопользования.

Таким образом, для улучшения водохозяйственной обстановки необходимо принятие комплекса мер в условиях надлежащего ведомственного регулирования и контроля. Достижение положительных результатов невозможно без формирования высокой экологической культуры водопользователей и их бережного отношения к водным ресурсам.

### **Список литературы**

1. Дмитриева, В.А. Гидрологическая изученность Воронежской области: каталог водотоков. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2008. – 225 с.

2. Дмитриева, В.А. Комплексная географо-гидрологическая оценка водных ресурсов административного субъекта Российской Федерации // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. – Воронеж. – 2013. – № 1. – С. 17–21.

3. Дмитриева, В.А. Структура использования водных ресурсов в Воронежской области // Водное хозяйство России. – 2010. – № 5. – С. 28–40.

4. Доклад о состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2012 году – Воронеж, 2013. – 98 с. [Электронный ресурс].

5. Доклад о государственном надзоре за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды воронежской области в 2012 году – Воронеж, 2013. – 87 с. [Электронный ресурс].

6. Ежегодник качества поверхностных вод Российской Федерации за 2012 год/ Глав. ред. А.М. Никаноров. – Ростов-на-Дону, 2013. – 487 с.

7. Информационный бюллетень о состоянии водных объектов, дна, берегов водных объектов, их морфометрических особенностей, водоохраных зон водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов, состояния водохозяйственных систем, в том числе гидротехнических сооружений по Донскому бассейновому округу за 2012 г. Книга 1 / Е.В. Дорожкин. – Ростов-на-Дону, 2013. – 247 с.

8. Нефедова, Е.Г. К вопросу о геоэкологическом состоянии водных объектов Воронежской области / Е.Г. Нефедова, В.А. Дмитриева // Материалы научной конференции «Вологдинские чтения». – Владивосток, 2013. – С. 330–333.

9. Проект нормативов допустимого воздействия на водные объекты бассейна реки Дон (российская часть). Оценка воздействия на окружающую среду / Н.Б. Прохорова, А.Е. Косолапов. – Екатеринбург, 2011. – 386 с.

10. Регионы России. Социально-экономические показатели – 2012 г. / Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ([http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1138623506156](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156))

УДК 628.3

## **ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ С УЧЁТОМ ИЗМЕНЕНИЙ В НАЦИОНАЛЬНОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ**

**Дубенок С.А., Захарко П.Н.**

РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь, dsnega@list.ru, polina.k.85@mail.ru

*The article is about order, rules of calculation and formulating technological specifications of water consumption and water removal, about two approaches (methods) of calculation specifications, some problematic issues which can appear while working with technological specifications.*

Нормирование в области охраны и использования вод в Республике Беларусь осуществляется по следующим направлениям:

- установление нормативов качества воды водных объектов для различных видов водопользования;
- установление нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод;
- установление технологических нормативов водопользования для водопользователей.

Технологические нормативы водопользования включают в себя технологические нормативы водопотребления и технологические нормативы водоотведения.

В свою очередь, технологические нормативы водопотребления представляют собой обоснованное расчетами количество воды с учетом ее качества, необходимое для осуществления производственного процесса и устанавливаемое на единицу производимой продукции, используемого сырья и материалов.

Технологические нормативы водоотведения представляют собой обоснованное расчетами количество сточных вод установленного качества, образующихся в процессе производства, устанавливаемое на единицу производимой продукции, используемого сырья и материалов.

Технологические нормативы водопользования могут разрабатываться как в виде отраслевых, так и в виде индивидуальных нормативов.

Отраслевые технологические нормативы водопользования представляют собой укрупненные нормы водопотребления и водоотведения, которые разрабатываются для определенной отрасли экономики в целях планирования и контроля водопотребления и водоотведения. Отраслевые технологические нормативы водопользования утверждаются соответствующими республиканскими органами государственного управления по согласованию с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Индивидуальные технологические нормативы водопользования разрабатываются и утверждаются юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями (далее – водопользователи), осуществляющими производство продукции, использование сырья и материалов в процессе производства, связанного с водопотреблением и водоотведением, в случае отсутствия отраслевых технологических нормативов водопользования или в целях уточнения объемов водопотребления или водоотведения для конкретного производства.

Следовательно, водопользователи могут использовать как отраслевые технологические нормативы водопользования, при условии, что эти нормативы утверждены, так и разработать и согласовать индивидуальные технологические нормативы водопользования.

Индивидуальные технологические нормативы могут разрабатываться водопользователями самостоятельно или с привлечением сторонних специализированных организаций.

Согласование индивидуальных технологических нормативов водопользования осуществляется территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды (областными и Минским городским комитетами природных ресурсов и охраны окружающей среды) сроком на пять лет [2].

Процедура согласования технологических нормативов водопользования определена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 17 февраля 2012 г. № 156 [1]. Для согласования индивидуальных технологических нормативов водопользователю необходимо представить следующие документы:

- заявление;
- индивидуальные технологические нормативы водопотребления и водоотведения по установленной Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды форме;
- расчет индивидуальных технологических нормативов водопотребления и водоотведения;
- ситуационная схема размещения предприятия с сетями и сооружениями водоснабжения и водоотведения с указанием мест добычи (изъятия), получения воды и отведения сточных вод, приборов учета воды;
- структурно-технологическая балансовая схема водопотребления и водоотведения, составленная с учетом обратного водоснабжения, повторного использования и безвозвратных потерь воды.

Также согласно [1] водопользователи, осуществляющие специальное водопользование, представляют утвержденные индивидуальные технологические

нормативы водопользования в составе документов на получение разрешений на специальное водопользование или комплексных природоохранных разрешений.

Утвержденные в установленном порядке технологические нормативы водопользования подлежат пересмотру в следующих случаях:

- при осуществлении технического перевооружения, связанного с изменением условий производства основной продукции или используемого сырья, а также систем водоснабжения и канализации;

- если при соблюдении технологии производственного процесса выявлено несоответствие технологических нормативов фактическим показателям водопользования;

- в иных случаях, предусмотренных законодательством об охране и использовании вод.

При разработке индивидуальных технологических нормативов водопотребления и водоотведения нормированию подлежит потребление общего количества воды, необходимой для производства единицы продукции, в том числе потребность в свежей питьевой и технической воде, оборотной воде, повторно-последовательной используемой воде, а также отводимых от объекта сточных вод.

В настоящее время в Республике Беларусь существует два подхода (метода) расчета технологических нормативов водопотребления и водоотведения, использование которых регламентировано в новом ТКП 17.02-13/1-2013 «Охрана окружающей среды и природопользование. Правила расчёта технологических нормативов. Часть 1. Основные положения. Правила расчета технологических нормативов водопотребления и водоотведения» (далее – ТКП 17.02-13/1-2013) [3].

ТКП 17.02-13/1-2013 определяет, прежде всего, требования к разработке технологических нормативов водопользования, перечень видов экономической деятельности, для которых технологические нормативы водопотребления и водоотведения разрабатываются водопользователями в обязательном порядке. Все остальные водопользователи могут разрабатывать технологические нормативы водопотребления и водоотведения по собственной инициативе.

Технологические нормативы водопотребления и водоотведения включают три составляющие:

- технологические расходы воды (включая расходы вспомогательного и подсобного производства) на производство продукции;

- технологические расходы воды, не зависящие от производства продукции;

- расходы воды на хозяйственно-бытовые нужды.

Согласно ТКП 17.02-13/1-2013 технологические нормативы водопотребления и водоотведения могут быть рассчитаны следующими способами (методами):

- на основе составления баланса водопотребления и водоотведения;

- на основе статистических данных об объемах водопотребления, водоотведения и производства продукции.

Для проведения расчетов с использованием первого метода необходимо располагать сведениями о структуре и характеристике производства, включая основные цеха и технологические процессы, данными по источникам водоснабжения предприятия, системе водоотведения, паспортами установленного водопотребляющего и водоиспользующего оборудования, технологическими регла-

ментами его работы, отчетными данными по фактическим расходам и режимам водопотребления и водоотведения, сведениями по выпускаемой продукции или используемом сырье.

На основании исходных данных рассчитывается суммарный объем воды, необходимый для производства данного вида продукции и суммарный объем сточных вод, образующихся при производстве продукции. Учитывая произведенные объемы продукции, выводится технологический норматив водопотребления и водоотведения на единицу продукции, используемого сырья и материалов.

Отдельно рассчитывается суммарный расход воды на нужды, не зависящие от производства продукции, но обусловленные технологическими нуждами (вспомогательные нужды) и суммарный объем образующихся сточных вод. При расчетах учитываются фактические характеристики водопотребляющего и водоиспользующего оборудования, режим работы оборудования.

Объемы водопотребления и водоотведения на хозяйственно-питьевые нужды рассчитываются на основании СНБ 4.01.01-03, ТКП 45-4.01-52-2007, ТКП 45-4.01-54-2007.

Метод на основе составления баланса водопотребления и водоотведения рекомендуется использовать, в первую очередь, для разработки отраслевых технологических нормативов. Помимо этого, метод используется для расчёта технологических нормативов для монопродуктовых производств, а также при отсутствии инструментального учета водопотребления и водоотведения на предприятии, для вновь вводимых в эксплуатацию производств или после проведения их модернизации, когда отсутствуют данные инструментального учета вод.

Для проведения расчетов с использованием второго метода, прежде всего, необходимо располагать сведениями по фактическим расходам водопотребления и водоотведения, по выпускаемой продукции или используемого сырья за последние три года в помесечном разрезе, а также данными о структуре и характеристике производства (включая основные цеха и технологические процессы), данными по источникам водоснабжения, системе водоотведения.

При расчете индивидуальных технологических нормативов водопотребления и водоотведения используется метод наименьших квадратов (МНК). Формируется матрица исходных данных, которая заносится в электронную таблицу, определяется базовый норматив. Далее на основании базовых нормативов сначала определяется условная (средневзвешенная) продукция, а затем удельное водопотребление.

На основе данных предприятия о производстве продукции и данных инструментального учета использования воды с применением разработанных нормативов проводится оцифровка балансовой схемы объемов водопотребления и водоотведения, где выделяется отдельно расход воды на хозяйственно-бытовые и производственные нужды.

Метод на основе статистических данных об объемах водопотребления, водоотведения и производства продукции пригоден для использования в любом масштабе времени (год, месяц, сутки). Метод рекомендуется использовать при наличии непрерывного инструментального учета водопотребления и водоотведения на производстве; для расчёта нормативов для многономенклатурных производств, а также для оценки наличия сверхнормативного водопотребления и водоотведения и при необходимости выявления источников превышения установленных технологических нормативов водопотребления и водоотведения на предприятии.

Формулы для расчета водопотребления и водоотведения по технологическим нормативам для  $n$  видов основной производимой продукции в годовом и помесечном разрезе, независимо от метода расчета, приведены ниже:

$$W_{\text{тех.норм}} = W_0 + N_1\Pi_1 + N_2\Pi_2 + \dots + N_n\Pi_n,$$

$$S_{\text{тех.норм}} = S_0 + N'_1\Pi_1 + N'_2\Pi_2 + \dots + N'_n\Pi_n,$$

где  $W_{\text{тех.норм}}$  – нормативный объем потребления воды на технологические нужды,  $\text{м}^3$ ;  $S_{\text{тех.норм}}$  – нормативный объем водоотведения, обусловленный технологическими нуждами,  $\text{м}^3$ ;  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$  – объем основной производимой продукции, единица измерения;  $P_{\text{сырье}}$  – объем переработанного сырья, единица измерения;  $W_0$  – нормативный объем потребляемой воды, не зависящий от производства продукции и обусловленный технологическими нуждами,  $\text{м}^3$ ;  $N_1, N_2, \dots, N_n$  – норматив водопотребления для соответствующего вида основной производимой продукции;  $S_0$  – нормативный среднегодовой объем образуемых сточных вод, не зависящий от производства продукции и обусловленный технологическими нуждами;  $N'_1, N'_2, \dots, N'_n$  – норматив водоотведения для соответствующего вида основной производимой продукции.

По результатам проведенных расчетов составляется балансовая схема объемов водопотребления и водоотведения, примеры схем для каждого из используемых методов приведены в ТКП 17.02-13/1-2013.

Однако, как показывает практика, при проведении расчетов технологических нормативов водопотребления и водоотведения для предприятий разработчики сталкиваются с рядом проблем, основными из которых являются:

- практически полное отсутствие утвержденных органами государственного управления Республики Беларусь отраслевых методик расчета водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности;

- отсутствие на предприятиях паспортов на водопотребляющее и водоиспользующее оборудование, технологических регламентов, режимных карт, что вынуждает использовать экспериментальные замеры для определения расхода воды и объемов образования сточных вод;

- недостаточно налаженный первичный учет водопотребления и водоотведения и, как правило, отсутствие инструментального учёта сточных вод, поступающих в окружающую среду либо в сети канализации с территории предприятия.

### **Список литературы**

1. Об утверждении единого перечня административных процедур, осуществляемых государственными органами и иными организациями в отношении юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, внесении дополнения в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 14 февраля 2009 г. № 193 и признании утратившими силу некоторых постановлений Совета Министров Республики Беларусь: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17 февраля 2012 г. № 156.

2. Об утверждении Положения о порядке разработки и согласования технологических нормативов водопотребления и водоотведения: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды № 48 от 21 мая 2008 г.

3. Охрана окружающей среды и природопользование. Правила расчёта технологических нормативов. Часть 1. Основные положения. Правила расчета технологических нормативов водопотребления и водоотведения: ТКП 17.02-13/1-2013.

## АНАЛИЗ ПОТЕРЬ И НЕУЧТЕННЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ В КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ДОНБАССА

**Зайченко Л.Г., Омельченко Н.П., Синезук И.Б.**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
г. Макеевка, Украина, ljustik@matrixhome.net, darr@icm.dn.ua

*The article is devoted to the problem of calculation and comparative analysis of individual technological standards for using drinking water for structural divisions of Enterprise "Company "Water of Donbas".*

### **Введение**

Коммунальное водопроводно-канализационное хозяйство Донецкой области представлено региональной компанией – коммунальным предприятием Донецкого областного совета «Компания «Вода Донбасса» – и рядом независимых горводоканалов, большинство которых покупает воду у Компании.

Компания является крупнейшим предприятием сферы ЖКХ Украины – это уникальный комплекс гидротехнических и водопроводных и водоотводящих сооружений. В состав предприятия входят 32 подразделения, расположенных на территории Донецкой области. Ежедневно потребителям подается более 1,5 млн. м<sup>3</sup> питьевой и 0,4 млн. м<sup>3</sup> технической воды. КП «Компания «Вода Донбасса» является предприятием, которое соединяет в себе две системы водоснабжения – централизованную (районные производственные управления) и муниципальную (производственные управления водопроводно-канализационного хозяйства) [1, 2].

Услугами централизованного водоотведения в Донецкой области пользуется население 52 городов (100 %), 52 поселков городского типа (39,7 %) и 50 сельских населенных пунктов (4,5 %). В области насчитывается 124 системы канализации с установленной пропускной производительностью 1771,20 тыс. м<sup>3</sup>/сутки.

Одной из приоритетных задач предприятий водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) является разработка мероприятий по экономному расходованию водных ресурсов на основе экономически обоснованной тарифной политики, обеспечивающей возмещение фактических затрат предприятия на производство услуг для потребителей – как для населения, так и производственных предприятий. Решение этой задачи включает также экономию расходов на собственные нужды предприятий.

По договору с КП «Компания «Вода Донбасса» кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры выполнила расчет индивидуальных технологических нормативов использования питьевой воды (ИТНИПВ) для всех подразделений, входящих в структуру Компании [3]. Также кафедра выполнила хоздоговорную работу по заказу КП «Донецкгорводоканал» (ведущего предприятия, не входящего в состав Компании), предметом которой, в частности, было определение неучтенных расходов сточных вод [4].



Рассмотрим основные результаты анализа потерь и неучтенных расходов воды на ведущих предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства Донецкой области и предложения по совершенствованию нормативов.

### **Основная часть**

Технологические расходы и потери питьевой воды на предприятиях ВКХ определяются на основании анализа статистических и эксплуатационных данных при помощи методик, разработанных Государственной академией жилищно-коммунального хозяйства "Госжилкоммунхоз Украины" при участии ведущих специалистов водопроводно-канализационного хозяйства и экологии Госстроя Украины [5].

Для проведения технологического аудита предприятием были предоставлены расчеты технологического норматива использования питьевой воды всеми структурными подразделениями за 2005-2006 гг.

Расчеты ИТНИПВ для муниципальной системы водоснабжения, в состав которой входят 24 производственных управления ВКХ, показывают, что в сравнении с 2006 в 2011 году подача воды в систему подачи и распределения воды (ПРВ) увеличилась на 23 %, а ее потери – на 39 %. Анализ данных свидетельствует о том, что среди составляющих технологических нормативов использования питьевой воды максимум приходится на:

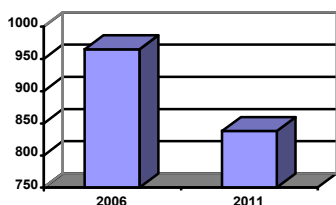
- неучтенные расходы воды из системы ПРВ, которые обусловлены утечками воды вследствие неудовлетворительных технических характеристик водоразборной арматуры, недостатков в организации, технической эксплуатации водоразборных и водозапорных устройств, повышенных напоров, а также недостаточной чувствительности водосчетчиков [6];

- потери воды из систем ПРВ, обусловленные изношенностью трубопроводов, их высокой аварийностью.

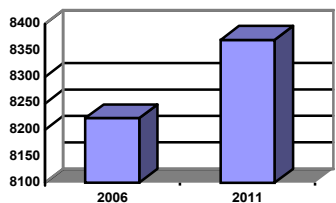
Анализ показателей технологического норматива использования питьевой воды для централизованной системы водоснабжения за 2006 и 2011 годы показывает (рис. 1), что на фоне общего снижения технологических расходов воды на 13,2 %, количество воды на подъем и очистку в 2011 году возросло на 1,8 % в сравнении с 2006 годом.

Расшифруем отдельные позиции норматива.

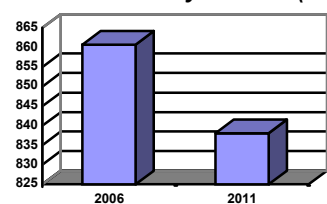
Технологический расход воды на подъем включает расход воды на промывку трубопроводов подъема воды на водоочистную станцию и зависит от скорости движения воды в трубопроводе, продолжительности промывки участка трубопровода, количества промывок, количества промывных участков и диаметра трубопровода. Все эти показатели в среднем постоянны [4]. Вызывает сомнение объединение этого показателя в нормативах с расходами на очистку воды. По природе и методике расчета этот показатель является расходом на транспортировку воды. Объединение двух разноплановых показателей в один «затуманивает» анализ и затрудняет понимание истинного положения дел. Так, в Макеевском райуправлении подводящие из канала на фильтровальную станцию водоводы очень короткие и самотечные, а в других подразделениях они длинные и напорные.



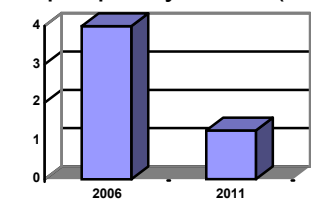
Технологические расходы воды, тыс. м³/год (-13,2 %), в том числе:



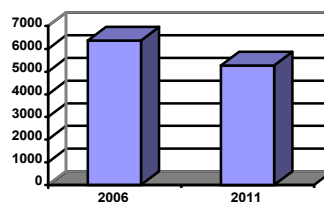
- на подъем и очистку воды (+1,8 %)



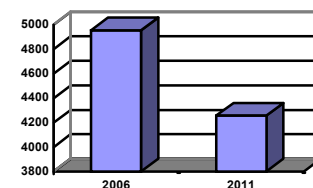
- на транспортировку воды (-2,7 %)



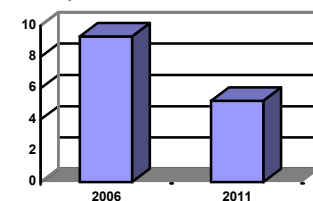
- на вспомогательных объектах (-68 %)



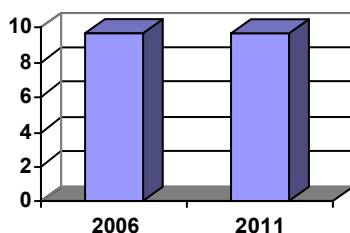
Потери воды из системы ПРВ в результате повреждений трубопроводов, опорожнения труб для ремонта, из водоразборных колонок и резервуаров, тыс. м³/год: (-17,2 %)



Неучтенные расходы воды из системы подачи и распределения воды (ПРВ) на приборах учета, на противопожарные нужды, коммерческие потери, тыс. м³/год: (-14 %)



Расходы воды на хозяйственно - питьевые нужды работников, тыс. м³/год (-44,0 %)



Расходы воды на поддержание зон санитарной охраны и сооружений, тыс. м³/год (0 %)

**Рисунок 1** – Технологические нормативы использования питьевой воды в КП «Компания «Вода Донбасса»

Технологические расходы воды на водопроводных очистных сооружениях (ВОС) включают:

- 1) выпуск осадка из камер реакции и отстойников;
- 2) чистку отстойников и промывку фильтров;
- 3) подачу воды на хлораторы;
- 4) приготовление растворов реагентов и промывку баков реагентов;
- 5) обработку хлорной водой и промывку сооружений ВОС;

- 6) промывку внутривидовых сетей водопровода на территории ВОС;
- 7) работу водной лаборатории, в том числе на централизованный отбор проб воды.

Анализ этих составляющих показывает, что на водопроводных очистных станциях увеличилось количество осадка, что связано с увеличением суммарного объема сооружений с осадочной частью в сравнении с 2006 г., как следствие, увеличилось количество воды на промывку этих сооружений при прочих равных условиях.

Также увеличился расход воды на промывку фильтров в результате резкого увеличения количества промывок вследствие уменьшения средней продолжительности фильтроцикла, что, в свою очередь, обусловлено износом фильтрующей загрузки, а также резким ухудшением качества воды в источниках водоснабжения [7, 8]. Так, согласно национальным нормам ДСанПіН 2.2.4–171–10, при ухудшении качества воды в источниках водоснабжения по микробиологическим показателям назначаются дополнительные технологические мероприятия, согласуемые с СЭС: увеличение доз хлора для первичного хлорирования, коагулянта – не менее чем на 15–20 %; применение полиакриламида и перманганата калия, а также сокращение продолжительности фильтроцикла не менее чем на 5–10 %.

Однако технологические расходы воды на хлораторы и приготовление реагентов на водопроводных очистных станциях в 2011 г. уменьшились в сравнении с 2006 г. в среднем на 16 %, что связано, в первую очередь, с уменьшением расходов хлора и коагулянта. При этом следует учесть следующую оговорку: расходы на приготовление реагентов (в том числе хлорной воды) по сути не являются потерями, так как возвращаются с растворами в очищаемую воду.

Расход воды на хлорирование и промывку сооружений, а также промывку внутривидовых сетей водопровода на территориях водопроводных очистных станций в среднем одинаков для условий 2006 и 2011 гг. Потребление воды лабораториями на обеих станциях в 2011 году несколько увеличилось. Это связано с увеличением количества работающих на станциях в сравнении с 2006 годом.

Анализ составляющих технологических расходов воды на подъем и очистку приводит к выводу, что главными факторами, которые привели к повышению этих расходов в 2011 году в сравнении с 2006 годом являются увеличение суммарного объема смесителей, камер хлопьеобразования и отстойников, а также увеличение количества промывок скорых фильтров при прочих равных условиях. Повышение этих показателей, несомненно, связано с продолжительным ухудшением качества воды в водоисточнике (канал Северский Донец-Донбасс) по микробиологическим показателям, что свидетельствует об антропогенном загрязнении и необходимости установления причин ухудшения качества воды в источнике водоснабжения.

Следует также учитывать тот факт, что не у всех подразделений Компании источником воды является канал. Ряд районных управлений потребляет воду из водохранилищ, а Славянское РУ использует воду непосредственно из реки Северский Донец, а также подземные воды.

Вода на поддержание зон санитарной охраны (ЗСО) и сооружений расходуется на полив зеленых насаждений в пределах первого пояса ЗСО, и ее расход остается неизменным из-за постоянства орошаемых площадей.

Последнее замечание по потерям воды касается утечек воды из сооружений и трубопроводов системы водоснабжения вследствие того, что многие из них располагаются на подрабатываемых территориях, образовавшихся в результате производственной деятельности угледобывающих предприятий Донбасса.

Относительно неучтенных расходов в канализационном хозяйстве следует выделить основные три источника их формирования:

- стоки, образующиеся в результате производственной деятельности предприятий ВКХ;
- дополнительные стоки от превышения фактического водопотребления сверх нормативного;
- стоки от инфильтрации грунтовых, атмосферных и дренажных вод из систем холодного и горячего водоснабжения в результате скрытых утечек и негерметичности канализационных сетей.

При расчете тарифов фактически не учитывается попадание в канализационную сеть питьевой воды от некоторых технологических процессов. Например, сброс питьевой воды в канализационную сеть города при ремонте (опорожнении), хлорировании, промывке водопроводных сетей. Также следует учесть технологические процессы, которые образуют дополнительные сточные воды на вспомогательных объектах водопроводного хозяйства.

К неучтенным потерям питьевой воды, которая попадает в канализационную сеть, можно отнести также внутриквартирные утечки, связанные с неполным закрытием водоразборной арматуры или заполнением смывных бачков на максимальных уровнях поплавкового клапана. Минимальные потери из неисправных водоразборных кранов и смесителей составляют 1,7 литров в час, или 15 м куб. в год. Потери, связанные с неисправными смывными бачками при утечке 8 литров в час, составляют 184 м куб. в год. Принимая, что от 10 до 15 % потребителей имеют неисправные сантехнические приборы, данный вид потерь может достигать 540 тыс.м куб. в месяц.

Как показывают наши расчеты, существенная величина перерасхода питьевой воды относительно нормируемой величины, вызванная несовершенством (низким классом точности) квартирных водосчетчиков, также приводит к поступлению дополнительных сточных вод и увеличению гидравлической нагрузки на канализационные сети. При этом дополнительные сточные воды не учитываются при оплате услуг водоснабжения и канализации.

### **Заключение**

С целью обеспечения сокращения технологических расходов воды для системы централизованного водоснабжения коммунального предприятия «Компания «Вода Донбасса» предложены следующие мероприятия:

- оперативный контроль и прогнозирование качества воды в источнике с целью выбора наиболее рациональных режимов технологии производства питьевой воды, в частности, установление четкого начала и конца периода применения реагентов, последовательности и интервалов времени их введения в обрабатываемую воду;
- технологический контроль параметров работы каждого этапа производства питьевой воды для обеспечения наиболее высокой степени очистки воды на каждом этапе;

- соблюдение установленной продолжительности и технологии рабочих циклов;
- своевременное реагирование на изменения качества исходной воды;
- правильный выбор режимов промывки фильтровальных сооружений (периодичность, интенсивность и продолжительность);
- организация учета расхода промывных вод с помощью измерительных приборов, нормирование и контроль соблюдения установленных норм расхода воды.

Следует также отделить нормативы на подъем воды (фактически на транспортировку воды от водозабора до ВОС) от нормативов на очистку воды и включить в нормативы на транспортировку воды.

По результатам расчетов поступления дополнительных стоков в систему канализации г. Донецка разработана комплексная программа по сокращению неучтенных расходов, которая включает:

- проведение мониторинга системы транспортирования сточных вод на очистные сооружения;
- оборудование приборами учета основных коллекторов и напорных канализационных трубопроводов;
- осуществление капитального ремонта канализационных колодцев для предотвращения притока дождевых, талых и поливомоечных вод;
- сокращение собственных производственных расходов;
- внедрение квартирных водосчетчиков высокого класса точности.

### **Список литературы**

1. Радько, Н.Ф. Состояние и перспективы развития водопроводно-канализационного хозяйства Донецкого региона на примере коммунального предприятия «Компания «Вода Донбасса» / Н.Ф. Радько, Т.С. Дегтярева, И.Г. Ильясова // Комунальне господарство міст. – Вип. №96. – С. 57–60.
2. Зайченко, Л.Г. Проблемы централизованного и муниципального водоснабжения в Донецком регионе / Л.Г. Зайченко, В.И. Нездойминов, Е.П. Задорожная // MOTROL. – No 14-6 / Люблин, 2012. – С. 57–64.
3. Звіт науково-дослідної роботи "Розрахунок поточного індивідуального технологічного нормативу використання питної води для КП "Компанія «Вода Донбасу» – Макіївка, 2011. – 87 с.
4. Отчет по научно-исследовательской работе "Обоснование разницы реализуемых объемов сточных вод от фактических, которые попадают на донецкие очистные сооружения" – Макеевка, 2013. – 92 с.
5. Про затвердження Галузевих технологічних нормативів використання питної води на підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства України // Наказ Держкомітету України з питань ЖКГ від 17.02.2004 р.
6. Лернер, А.Д. Проблемы обоснования величин неучтенных расходов воды в системах водоснабжения и водоотведения / А.Д. Лернер, К.В. Домнин, С.В. Бойко, М.Г. Кочетова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – № 4. – С. 64–70.
7. Водоснабжение / А.Я. Найманов, С.Б. Никиша, Н.Г. Насонкина [и др.] – Донецк: Норд-Прес, 2004. – 649 с.
8. Зайченко, Л.Г. Факторы, влияющие на показатели технологических расходов питьевой воды в системе коммунального хозяйства / Л.Г. Зайченко, Ю.Г. Акулова // Вестник ДонНАСА: Макеевка. – Вып. 2010-6(86). – С. 42–46.

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ ДОЛИНЫ Р. МАШАВЕРА (ЮГО-ВОСТОК ОТ ТБИЛИСИ) ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ МЕЛИОРАЦИЙ**

**Каландадзе Б. Б., Трапаидзе В.З, Двалашвили Г. Б**

Тбилисский государственный университет им. Ивана Джавахишвили, Факультет точных и естественных наук, департамент географий, г. Тбилиси, Грузия, [besik.kalandadze@tsu.ge](mailto:besik.kalandadze@tsu.ge); [vazha.trapaidze@tsu.ge](mailto:vazha.trapaidze@tsu.ge); [giorgi.dvalashvili@tsu.ge](mailto:giorgi.dvalashvili@tsu.ge)

*There are different concentrations of toxic elements fixed in the irrigation soils located near Madneuli Mining and Processing Plant in south-east of Tbilisi. The research conducted by us enables us to conclude that polluting heavy metals, predominantly copper, cadmium and zinc in this case, have an active negative impact on the properties of soil, its composition and soil-forming processes taking place in the soil. This is evidenced by the decreased hydro-potential of the soil and disturbed balanced interaction between the steady, liquid and gaseous phases of the soil; and sharp qualitative and quantitative change, soil degradation, disturbance of vital functions of agricultural crops and sharp drop of bioefficiency are the case. A clear proof of this is the mutual saturation of agrophysical parameters of slightly, moderately and heavily contaminated soils with heavy metals.*

### **Введение**

В конце XX и на рубеже XXI века развитие современной цивилизации достигло наивысшей ступени. Наряду с большой пользой, это создало людям множество проблем. В результате хозяйственной деятельности человека происходит загрязнение окружающей среды отходами производства, сточными водами, разными радиоактивными веществами, применяемыми в сельском хозяйстве ядохимикатами.

Почва является весьма специфичным и сложным компонентом природы. В случае загрязнения воды и воздуха, если мы отделим от них токсичные вещества, они весьма просто возвращаются в свое первоначальное состояние. Что касается почв, здесь вопрос намного сложнее. В случае загрязнения нарушается вековое равновесие, для восстановления которого требуется очень много времени, нарушается какой-либо значительный компонент, что вызывает резкое падение ее нормального функционирования.

Первый тектогенный «удар» принимает на себя верхний, гумусный слой почвы, в которой развивается основная масса корневой системы. Именно здесь происходит интенсивное накопление микро- и макроэлементов и других токсичных веществ. К токсичным веществам, принесенным водой и воздухом, систематически добавляются и привнесенные посредством пестицидов, минеральных и органических удобрений, оказывающие очень вредное влияние на живые организмы.

Особую тревогу вызывает влияние орошения почвы сточными водами на ее химический состав. Применение для орошения обогащенных тяжелыми металлами сточных вод вызывает весьма плачевные последствия. Хотя, по мнению некоторых авторов (Первес, 1997), орошение водой опасно только при

избыточном количестве в ней цинка, меди и никеля, так как эти элементы являются очень фитотоксичными.

Неоднородна и буферная способность самих почв, т.е. их способность противостоять элементам-загрязнителям. В первую очередь это тесно связано с текущими в почвах процессами обмена катионов.

Исследуемый объект расположен в Болнисском районе – вблизи Казретского горно-обогатительного комбината. Болнисский район является частью металлогенной провинции Малого Кавказского хребта и одним из значительнейших горнорудных районов Грузии. С целью изучения воздействия на окружающую среду расположенных здесь многочисленных месторождений и рудопроявлений исследовано содержание некоторых тяжелых металлов в почвах, растениях и природных водах и закономерности их распределения.

Район является средне- и высокогорным, абсолютная высота которого колеблется в пределах от 500 до 1300 м. По генезису Маднеульское месторождение относится к группе гидротермических месторождений.

Накопление большого количества тяжелых металлов в гидросфере и почве оказывает довольно вредное воздействие на биогидросферу региона, которое надо рассмотреть в разных аспектах.

В первую очередь, надо отметить прямое воздействие вредных веществ на растительный покров. Кроме этого, повышение концентрации тяжелых металлов в гидросфере и почве могут иметь серьезное влияние на микрофлору почвы, изменить ее состав и иметь отрицательное влияние на процессы самовосстановления почвы.

Почва является самой информационной частью ландшафта, т.к. она образуется в результате взаимодействия всех остальных элементов ландшафта. Поэтому на ней отображаются все те техногенные и природные процессы, которые имеют место в пределах данной системы.

Сельскохозяйственные угодья Болнисского района распространены в ущельях р. Машавера и р. Поладаури до устья р. Храми.

Здесь распространены переходящие к лугам и лесу почвы коричневого типа (Cinnamonic-Eutric Cambisols and Calcic Kastanozems, Cinnamonic Calcareous-Calcaric Cambisols and Calcic Kastanozems, WRB), характеризующиеся глубоким генетическим профилем, дифференцированным морфо-генетическим строением. По гранулометрическому содержанию данные почвы являются мелкопыльно-песчаными тяжелыми суглинками и легкими глинами, со средним и высоким содержанием гумуса. Почвы слабо обеспечены азотом и фосфором. Однако насыщены поглощенными основаниями. Реакция почв щелочная и сильно щелочная. РН колеблется в пределах 8-9.

### **Материалы и методы**

В основе полевых исследований три параметра:

1. Элементарная площадь участка, с которого должны быть отобраны почвенные образцы для установления ихзагрязнения тяжелыми металлами.

2. Количеств проб почв, необходимое для составления репрезентативного смешанного почвенного образца.

3. Выбор ключевого участка. Ключевой участок – это наименьшая геоморфологическая единица, которая точно отображает генезис, свойства почв, почвообразующие породы, рельеф, растительный покров, гидрологические условия места и др.

Почвенные образцы отобраны в основном на культурных площадях: на пахотных полях, виноградниках, фруктовых садах, а также на приусадебных участках некоторых сельских жителей.

С целью оценки загрязнения почвы приняты разные критерии и нормативы, из которых необходимо отметить коэффициент концентрации кларка, который рассчитывается по следующей формуле:  $K_k = C_f/K$ , где  $K_k$  – коэффициент концентрации кларка;  $C_f$  – фактическая концентрация химического элемента в почве;  $K$  – кларк химического элемента. Указанный критерий показывает, насколько высока или низка концентрация конкретного химического элемента по сравнению с кларком этого элемента.

Геоэкологическое состояние почв оценивают также коэффициентом концентрации загрязнения, который рассчитывается по следующей формуле:  $N_c = C_f/f$ , где  $N_c$  – коэффициент концентрации загрязнения;  $C_f$  – фактическая концентрация химического элемента,  $f$  – местное или общепризнанное фоновое содержание конкретного химического элемента, которое показывает, насколько повышена концентрация по сравнению с фоном.

Для оценки уровня загрязнения почвы также используют коэффициент опасности концентрации загрязнения  $S = C_f/ПДК$ , где  $S$  – коэффициент опасности концентрации загрязнения;  $C_f$  – фактическая концентрация химического элемента, ПДК – предельно допустимая концентрация.

Эти данные показывают, насколько фактическая концентрация химического элемента выше предельно допустимой концентрации этого элемента, чем больше 1 указанный коэффициент, тем выше загрязнение почвы и опасность негативного воздействия химического элемента на живые организмы.

Саэт (1983) для оценки загрязнения почв предлагает суммарный показатель загрязнения, который рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_c(n-1) = N_c(n-1),$$

где  $Z_c(n-1)$  – суммарный показатель загрязнения почвы;  $N_c$  – сумма коэффициентов концентрации определенных элементов (или коэффициентов концентрации загрязнения).  $N$  – количество определенных элементов в почве. Суммарный показатель коэффициентов концентрации составляется из тех элементов, коэффициент концентрации загрязнения которых  $(N_c) > 1$ , если  $Z_c(n-1) < 10$ , тогда почва слабо загрязнена, когда  $Z_c(n-1) = 10-25$ , – в этом случае почва считается средне загрязненной, а если  $Z_c(n-1) > 25$ , – почва сильно загрязнена.

В основе группирования почв по фактическим концентрациям суммарных форм токсичных химических элементов-загрязнителей лежит разработанное А. Виноградовым (1957) кларковое содержание элементов.

В этом случае по А. Виноградову, первая группа фон +1 кларк; вторая группа фон +2 кларк и т.д. При такой группировке почв уровень загрязнения почв характеризуется по следующим градациям:

- 1) слабо загрязненные;
- 2) умеренно загрязненные;
- 3) средне загрязненные;
- 4) выше среднего загрязненные;
- 5) сильно загрязненные;
- 6) очень сильно загрязненные.



## Результаты и дискуссии

Проведенные исследования охватили почвы Болнисского района, частично культурные растения и воды.

Р. Казретула течет под хвостохранилищем и насыщена элементами руды. По нашим данным, суммарные содержания меди, цинка, кадмия и сульфат-ионов в р. Казретула в несколько раз превышают ПДК, установленные для поверхностных вод. Из-за очень низкого РН воды эти металлы в основном находятся в растворимой форме и имеют большую миграционную способность. После слияния с р. Машавера имеет место десятикратное разбавление воды в р. Казретула. В то же время растет РН, помутнение воды, из-за этого металлы переходят во взвешенную состояние и мигрируют в этой форме. Несмотря на это, довольно высоким остается содержание в воде сульфат-ионов.

Содержание меди в исследованных нами почвах колеблется в очень больших пределах: от 40 мг/кг до 3125 мг/кг. Минимальные содержания 40–50 мг/кг отмечены в 17,9 % от общего числа образцов, 200 мг/кг и больше – в 18,3 %.

В таблицах 2 и 3 Приложения приведены результаты, сгруппированные по отдельности. Для каждого элемента показаны амплитуды содержания. Также указано количество образцов, отобранных на каждом участке, – n.

**Таблица 1 – Средние содержания тяжелых металлов в профиле почвы, мг/кг, в среднем**

Горизонт, см	Количество проб	Cu	Zn	Mn	Pb
0–20	20	155	116	967	21
20–40	20	71	104	960	21
40–60	20	55	95	955	23
60–80	17	47	90	1050	21
80–100	9	48	86	930	20

Почвы региона разнообразны как с точки зрения генезиса, так и формирования почвы. Разнообразие характера и интенсивности сельскохозяйственного производства также вызывает резкие различия в содержании элементов. Высокие содержания тяжелых металлов >200 мг/кг отмечены в почвах деревень Ратевани, Квешви, Абдало, Саванети и Каратикани. Эти площади в основном расположены на берегу р. Машавера, в непосредственной близости от русла. Надо отметить, что обогащенные металлами участки часто оказываются между руслом реки и железнодорожной линией. Естественно, что содержание меди в почвах виноградников намного выше, чем в пашнях. Также высоко содержание меди и в почвах фруктовых садов. Самое высокое содержание меди и цинка было отмечено на территориях, прилегающих к дер. Ратевани. Основная часть исследованных участков (150 га) расположена на правом берегу р. Машавера. Большую часть территории занимают виноградник и фруктовый сад, а приблизительно половина является посевами пшеницы. Больше половины указанной территории довольно серьезно загрязнена медью и цинком; 200–700 мг/кг, а 8–9 % может считаться загрязненной катастрофически. Необходимо отметить то обстоятельство, что указанные территории интенсивно орошаются водой р. Машавера. Можно сказать, что здесь имеет место резко выраженный техногенез. Это указывает на влияние ирригации водой, загрязненной Комбинатом. На остальной территории региона, где отмечены концентрации меди и цинка (500 мг/кг), загрязнение имеет пятнообразный характер.

Так что полностью однозначно можно сказать, что на данной территории имеется явно выраженный техногенез. Здесь друг на друга накладывается несколько факторов загрязнения, что усиливает техногенез.

Максимальная концентрация меди 875.0 мг/кг оказалась в раз. №9 – (Имирасани). Хотя в не меньшем количестве сконцентрирована в почвах раз. №9, 14, 69 (Пахрало). В этих же разрезах заметны также и высокие концентрации цинка в пределах 500–1600 мг/кг. Минимальное количество цинка 80 мг/кг, хотя в почвах часто встречаются концентрации цинка, которые в 2–5 раз выше фоновых.

Надо особо остановиться на марганце. Как известно, на него возложена особая физиологическая роль, и он играет значительную роль в течении геохимических процессов, как в почве, так и в растениях и воде. Максимальное содержание марганца находится в пределах 1125–1375 мг/кг. Коэффициенты концентрации загрязнения соответственно равны 5,6-6,8, а минимальная концентрация равна 875 мг/кг. Как известно, марганец является элементом базовых пород и аккумулируется в продуктах их истощения. Особенно в тяжелых суглинистых фракциях и меньше всего – в песчаных почвах. В исследуемом регионе его максимальное содержание связано с почвами, развитыми на корке истощения базальтовых пород (Кианети, Квеша 1400–1500 мг/кг, минимально в аллювиальных почвах, где преобладает фракция песка (Кв. Болниси, Ратевани – 600–900 мг/кг (табл. 2).

**Таблица 2 - Содержание марганца в почвах – дер. Саванети, Пахрало и Мамхути**

Раз. №	Глубина отбора образцов (см)	Фактическая концентрация (мг/кг)	Коэффициент концентрации загрязнения (Hc)
9	0–20	1125.0	6.6
	20–40	1000.0	5.0
10	0–20	1000.0	5.0
11	0–20	875.0	4.4
12	0–20	1000.0	5.0
13	0–20	1000.0	5.0
14	0–20	1000.0	4.4
	20–40	1000.0	5.0
15	0–20	1000.0	5.0
	20–40	1000.0	5.0
16	0–20	1000.0	5.0
63	0–20	1250.0	6.2
	20–40	1125.0	5.6
64	0–20	1375.0	6.8
	20–40	1125.0	5.6
65	0–20	1250.0	6.2
	20–40	1125.0	5.6
66	0–20	1125.0	5.6
67	0–20	1000.0	5.0
68	0–20	1000.0	5.0

По классификации И. Важенина (1987), слабо и умеренно загрязнены медью 70 га почвы, т.е. 61,3 % от общей площади исследованных почв, выше среднего загрязнены 17,3 % почвы, т.е. 20 га, а сильно и очень сильно загрязнены 21,2 %, т.е. 24 га.

**Таблица 3 – Содержание меди в почвах дер. Саванети, Пахрало и Мамхути**

Раз. №	Глубина отбора образцов (см)	Фактическая концентрация (мг/кг)	Коэффициент концентрации загрязнения (Hc)	Коэффициент опасности загрязнения (с)
9	0–20	1000.0	43.7	29.2
	20–40	125.0	6.3	4.2
10	0–20	65.0	3.3	2.2
11	0–20	115.0	5.8	3.8
12	0–20	40.0	2.0	1.3
13	0–20	60.0	3.0	2.0
14	0–20	190.0	9.5	6.3
	20–40	125.0	6.3	4.2
15	0–20	150.0	7.5	5.0
	20–40	125.0	6.3	4.2
16	0–20	65.0	3.3	2.2
63	0–20	265.0	13.2	8.8
	20–40	115.0	5.8	3.8
64	0–20	625.0	31.8	2.8
	20–40	155.0	7.7	5.2
65	0–20	70.0	3.5	2.3
	20–40	75.0	8.7	2.5
66	0–20	65.0	3.3	2.2
67	0–20	65.0	3.3	2.2
68	0–20	60.0	3.0	2.2

По данным фактической концентрации цинка почвы в основном слабо и умеренно загрязнены приблизительно 70 га, что составляет 61,3 % от исследованных почв. Выше среднего загрязнена почва на 20 га, 18,4%; сильно и очень сильно проявляется загрязнение на 24 га – 21,2 %.

Основные площади почв загрязнены марганцем средне и выше среднего – 93,0 га, 81,5 %, а довольно большие площади почв сильно загрязнены 21,0 га, 18,4 %.

По суммарному показателю коэффициента концентрации загрязнения верхнего слоя почвы 0–20 см слабо проявляется только на 19 га почв, по указанным данным почва в основном сильно загрязнена на 91,0 га, в 79,8 % исследованных почв. Сильно загрязнена довольно маленькая площадь почвы – 13,0 га, 11,4 %.

По коэффициентам концентрации загрязнения (Hc) слабо загрязненных почв, химические элементы расположены по следующему убывающему количеству  $Mn > Zn > Cu$ . В верхнем слое 0–20 см средне загрязненных почв, при условиях минимальных значений суммарных показателей концентрации загрязнения, по величинам коэффициентов концентрации элементы создают следующий убывающий ряд  $Mn > Zn > Cu$ , тот же самый убывающий ряд  $Zn(n-1)$  при максимальных значениях значительно изменен  $Cu > Zn > Mn$ .

В сильно загрязненных почвах при условиях минимальных и максимальных значений  $Zn(n-1)$  по коэффициентам концентрации химические элементы располагаются в отличающейся друг от друга последовательности, в первом случае этот убывающий ряд находится в следующей последовательности  $Cu > Mn > Zn$ , а при максимальных суммарных значениях коэффициентов концентрации загрязнения эта последовательность довольно изменена  $Cu > Zn > Mn$ ,

**Таблица 4 – Содержание цинка в почвах дер. Саванети, Пахрало и Мамхути**

Раз. №	Глубина отбора образцов (см)	Фактическая концентрация (мг/кг)	Коэффициент концентрации загрязнения (Нс)	Коэффициент опасности загрязнения (с)
9	0–20	500.0	10.0	26.0
	20–40	220.0	4.4	9.6
10	0–20	115.0	2.3	5.0
11	0–20	135.0	2.7	5.9
12	0–20	105.0	2.1	4.6
13	0–20	115.0	2.3	5.0
14	0–20	130.0	3.8	5.6
	20–40	165.0	8.8	7.2
15	0–20	220.0	4.4	9.6
	20–40	135.0	2.7	5.9
16	0–20	147.5	2.5	6.4
63	0–20	255.0	5.1	11.1
	20–40	115.0	2.3	5.0
64	0–20	250.0	5.0	10.9
	20–40	160.0	3.2	6.9
65	0–20	105.0	2.1	4.6
	20–40	110.0	2.2	4.8
66	0–20	150.0	8.0	6.5
67	0–20	160.0	8.2	6.9
68	0–20	125.0	2.5	5.4

В последние годы свойства почвы резко ухудшились. На поверхность почвы местами налипает беловато-зеленоватая пленка, которая не пропускает воду, понизилась пористость почвы, падает плодородность. По нашему мнению, здесь должно иметь место гипсование почвы. Как мы выяснили, в сточные воды Маднеульского Комбината с целью нейтрализации кислоты засыпают известняк и так запускают воду в коллектор. В этом случае образуется гипс, который несут речные воды, и этой же водой орошаются и сельскохозяйственные угодья. С течением времени гипс накапливается на поверхности почвы и налипает на нее в виде пленки, что со своей стороны, ухудшает аэрационную и фильтрационную способность почвы и соответственно вызывает резкое падение плодородности почвы.

На исследованной территории по суммарным показателям коэффициента концентрации загрязнения – это свойства средне загрязненных почв (раз. 15). По гранулометрическому составу почва тяжелый суглинок, плотность (удельный вес  $d$ ) твердой фазы почвы в профиле дифференцирован не по закономерности, в пахотном слое выше 3,53 г/см, на глубине уменьшается – 2,49–2,33 г/см. Объемная плотность ( $d_v$ ) оптимальных почв в пахотном слое составляет 0,90 см, а на глубине закономерно возрастает до 1,18 г/см. Как видно из аналитических данных, в нижних и последующих слоях пашни почва не затвердевшая, что весьма благоприятно и определяет положительные показатели остальных параметров. Общая пористость почв в пашне и нижнем слое пашни характеризуется наилучшими показателями и вообще, во всем профиле для развития растительности является удовлетворительной (возрастает от 45,3 % до 64,4 %). В этом случае в почве создаются желаемые для растения условия аэрации, формируются благоприятные гидрологические свойства, крупным и капиллярным формам почвы пре-

доставляется возможность задерживать большое количество влаги. Вышеуказанное подтверждается предельной полевой влагоемкостью почвы и большим количеством продуктивной влаги. Данные диапазона предельной полевой влагоемкости почвы и продуктивной влаги находятся в пределах 30,50–51,00 % и 19,3–32,7 %, что считается наилучшим для орошаемых почв.

Из-за низкой объемной плотности ( $d_v$ ) почвы и высокой общей пористости ( $P$ ), почвы характеризуются хорошей фильтрационной способностью, в сутки вода проходит 1,51 метра.

Удовлетворительными гидрофизическими свойствами отличаются также по суммарным показателям коэффициентов концентрации загрязнения  $Z_n(n-1)$  почвы, объединенные в средне загрязненную категорию – раз. 18. Почва – мелкопыльно-мелкопесчаный средний суглинок. Данные удельной массы ( $d$ ) почвы находятся в оптимальных пределах, составляют 2,51–2,60 г/см и закономерно распределены в профиле почвы.

Объемная масса ( $d_v$ ) почвы в профиле невысока, колеблется в пределах от 1,18 г/см до 1,28 г/см, которые являются довольно удовлетворительными величинами.

Данные предельной полевой влагоемкости в профиле почвы средние. Этот значительный гидрофизический компонент в пахотном слое почвы достигает 3,5–20 %. Сравнительно низкие данные диапазона продуктивного слоя – 16,9–25 %.

По фильтрационной способности вода в почве проходит 0,93 метра в сутки, что не так уж и плохо.

По данным гидрофизических показателей сильно загрязненных почв, во всем профиле почвы созданы неблагоприятные условия для нормального развития растения. По данным гранулометрического анализа, почва – мелкопыльно-илистая легкая глина, что указывает на ее довольно тяжелый состав.

Удельный вес ( $d$ ) почв во всем профиле неоптимальный, колеблется в пределах от 2,32 г/см до 2,47 г/см. А объемный вес почвы, начиная от верхнего слоя пашни, является высоким почти во всем профиле (в пахотном слое 1,20 г/см, на глубине возрастает до 1,35 г/см).

Вышесказанное указывает на значительное отвердевание почвы, из-за этого для растения формируются неблагоприятные гидрофизические условия.

Нежелательными являются и данные предельной влагоемкости почвы, которые колеблются в пределах 19,0–82,6 %. В почве очень низкое количество продуктивной влаги (6,0–20,6 %).

### **Заключение**

Логическим результатом определенных в почве неблагоприятных параметров значительных агрофизических свойств является резкое уменьшение фильтрационной способности. В указанной почве вода проходит только 0,46 метров в сутки, что создает в почве неоптимальные условия для растения.

Проведенное нами исследование дает нам возможность заключить, что на свойства почвы, ее состав и текущие в почве процессы почвообразования активное негативное воздействие оказывают загрязнители – тяжелые металлы – в этом случае в первую очередь медь, цинк и марганец. Особенно это выражается в уменьшении гидрофизического потенциала почвы. В определенной мере в почве нарушено равновесное взаимное соотношение между твердой, жидкой и газообразной фазами. Происходит резкое изменение свойств и количества компонен-

тов почвы, деградация почвы, расстройство жизненных функций сельскохозяйственных культур и резкое падение биопродуктивности. Наглядным подтверждением этого является взаимное сопоставление агрофизических параметров почв, слабо, средне и сильно загрязненных тяжелыми металлами.

В этом случае одним из значительных антропогенных факторов является орошение сельскохозяйственных угодий водой, обогащенной тяжелыми металлами, т.е. загрязненной водой для полива, в результате чего меняется РН почвы. При попадании на почву эти минералы поглощаются минералами глины, а карбонатная система почвы для них является барьером. Этим объясняется поверхностная аккумуляция металлов во время техногенеза.

Вторым и значительным фактором, который может вызвать повышение концентрации тяжелых металлов в почве, является сельскохозяйственное производство – конкретно увеличение концентрации меди – применение в виноградниках и фруктовых садах медного купороса и других медьсодержащих препаратов. Учитывать данный фактор необходимо в том случае, если эти почвы после виноградников будут использоваться по другому назначению.

А их перемещение в нижних горизонтах почв происходит в зависимости от конкретных условий (РН почвы, избыток атмосферных осадков, рельеф и др.).

В прямой связи с загрязнением почвы тяжелыми металлами находятся агрофизические свойства почвы. В сильно загрязненных почвах идут процессы цементирования, в результате резко возрастает объемная плотность почвы, падает общая пористость почвы, водопроницаемость почвы находится на критическом пределе.

Существуют разные методы мелиорации загрязненных тяжелыми металлами почв. В частности, механический, физико-механический, химический и другие методы. Эффективность каждого мелиоративного метода и его применимость зависит от климатических, биоклиматических, геоэкологических и почво-эдафических факторов (гранулометрический состав, структура почвы, состав гумуса, емкость поглощения, потенциал окисления и восстановления, РН почвы и др.)

### **Список литературы**

1. Narimanidze, E., Wichmann, L., Felix-Henningsen, P., Steffens, D., Schubert, S., Urushadze, T., Mishveladze, B. and Kalandadze, B. Bergbaubedingte Schwermetallbelastungen von Böden und Nutzpflanzen in einem Bewässerungsgebiet südlich von Tiflis/Georgien – Ausmaß und ökologische Bedeutung. // Abschlußbericht für den Projektzeitraum 2000 – 2003, 2003 Giessen, Discussion paper No. 21, Center for International Environment and Development Research. Felix-Henningsen, P., Urushadze, T.F., Narimannidze, E.I., Wichmann, L., Steffens, D., Kalandadze, B. Heavy metal pollution of soils and food crops due to mining wastes in an irrigation district south of Tbilisi, eastern Georgia. // Annales Agrar. Sci. 2007, 5(3), 11–27.

3. Hanauer, T., Jung, S., Kalandadze, B., Navrozashvili, L., Steffens, D., Shnell, S., Urushadze, T. und Felix-Henningsen, P. In-situ Fixierung von Cd, Cu und Zn in durch Bergbau belasteten Oberboden der region Bolnisi (Georgien). // 2007, Jarestagung DBG.

4. Hanauer T, Felix-Henningsen P, Steffens D, Kalandadze B, Navrozashvili L, Urushadze T. In situ stabilization of metals (Cu, Cd, Zn) in contaminated soils in the region of Bolnisi, Georgia, DOI 10.1007/s11104-010-0634-5, // Plant and Soil, 2007, 193–208

5. Kalandadze B., Hanauer T., Steffens D., Shnell S., Wichmann L., Narimanidze E., Navrozashvili L., Urushadze T., Felix-Henningsen P. EXPERIENCE OF THE REMEDIATION OF SOILS POLLUTED BY HEAVY METALS IN IRRIGATION DISTRICT IN SOUTHERN GEORGIA. // European confederation of Soil Science Societies (ECSSS), 2012, Bari, Italy.

6. Blume, H. P. (Ed.) Handbuch des Bodenschutzes: Bodenökologie und –belastung Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen, Landsberg/Lech // Ecomed, 2004 3rd ed. 80–120., 182–212

7. Kereselidze D.N., Machavariani L.G., Kalandadze B.B., Trapaidze V.Z. Allowable Soil Erosion Rates in Georgia // ISSN: 1064–2293, Eurasian Soil Science, 2013, Vol. 46, #3, 438-446

8. Бекер, А.А. Охрана и загрязнения природной среды / А.А. Бекер, Т.Б. Агаев. – Л.: Гидропромиздат, 1989.

9. Алеекеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – М. Агропромиздат, 1987.

10. Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах / Под редакцией И. Г. Важенина. – М.: Колос, 1987.

11. Саэт, Ю.Е. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды / Ю.Е. Саэт, И.Л. Башаркевич, Б.А. Ревич. – М.: Изд. ИМГРЭ, 1982.

УДК. 556.5

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ГЕОХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ НА МИНЕРАЛИЗАЦИЮ И ИОННЫЙ СОСТАВ ВОДЫ ЗАРЕГУЛИРОВАННЫХ РЕК**

**Кирвель И.И., Кукшинов М.С.\***

Поморская академия, г.Слупск, Республика Польша, kirviel@yandex.ru

Научно-практический центр учреждения «Минское городское управление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск, Республика Беларусь, mikuk@yandex.ru\*

*The article deals with the problem of transformation of hydro chemical regime of rivers under influence of artificial reservoirs. The given results concern complex evaluation of influence of existing river reservoirs on mineralization and ionic structure of fluvial water. The researches have shown that in the downstream of the reservoirs levelling of seasonal distinctions in value of mineralization and the change of terms of extreme (minimal and maximal) values is marked.*

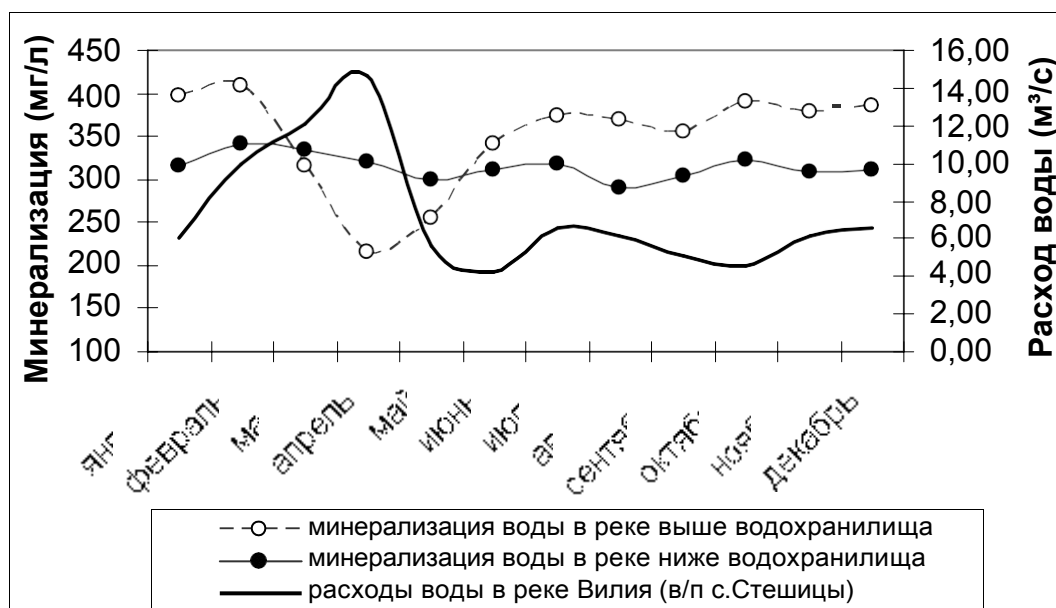
### **Введение**

Химический состав воды водохранилищ в значительной степени зависит от источников наполнения. Помимо стока водотоков и склонового стока, в наполнении водохранилищ участвуют грунтовые воды и атмосферные осадки. Под влиянием внутриводоемных процессов химический состав воды меняется, и в нижний бьеф сбрасывается вода с несколько трансформированными характеристиками. В этом и проявляется влияние искусственных водоемов на химический состав воды зарегулированных рек.

Характерная черта солевого баланса водохранилищ – преобладание в приходной части уравнения растворенных веществ, поступающих с притоком речных вод (96–99 %), а в расходной – сбрасываемых вместе с речным стоком в нижний бьеф (94–99 %) [2, 3, 7]. Принимая во внимание второстепенную роль остальных источников, анализ трансформации гидрохимического режима рек проведен путем сопоставления результатов проб воды, взятых в створах, расположенных выше и ниже зарегулировавших их водохранилищ. К исследованиям были привлечены данные Республиканского центра радиационного контроля и мониторинга окружающей среды Республики Беларусь (РЦРКМ) по химическому анализу воды в р. Вилии и Вилейском водохранилище за период с 1996 по 2000 г. Для анализа изменений режима главных ионов выбран 1997 г. В дополнение к этому, на протяжении 2006 г. нами проведены собственные полевые исследования в нижнем и верхнем бьефе водохранилищ: Вилейского, Петровичского и Вяча. Отбор проб воды и последующие химико-аналитические работы выполнялись по стандартным методикам анализа пресных вод [1]. Годы 1997 и 2006 являются средними по водности и отражают наиболее типичное состояние исследуемых водных объектов.

### Результаты исследований

Для рек Беларуси характерно сезонное изменение минерализации воды и содержания главных ионов в естественных условиях, обусловленное главным образом сменой характера питания реки [5]. Весной поступление вод поверхностного стока способствует разбавлению величин концентрации, в зимнюю и летнюю межень с переходом рек на грунтовое питание прослеживается рост содержания ионов и минерализации воды. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что создание водохранилищ приводит к перераспределению речного стока в течение года, что отражается на их гидрохимическом режиме ниже плотины. Отмечается нивелирование сезонных различий величин минерализации и изменение сроков наступления ее минимальной и максимальной величин (рисунок 1; таблица 1).



**Рисунок 1** – Изменение минерализации и расхода воды р. Вилии в год 50%-й обеспеченности



**Таблица 1 – Содержание главных ионов в воде зарегулированных рек выше и ниже водохранилищ (в числителе концентрация элемента, выраженная в мг/дм<sup>3</sup>; в знаменателе – % экв.)**

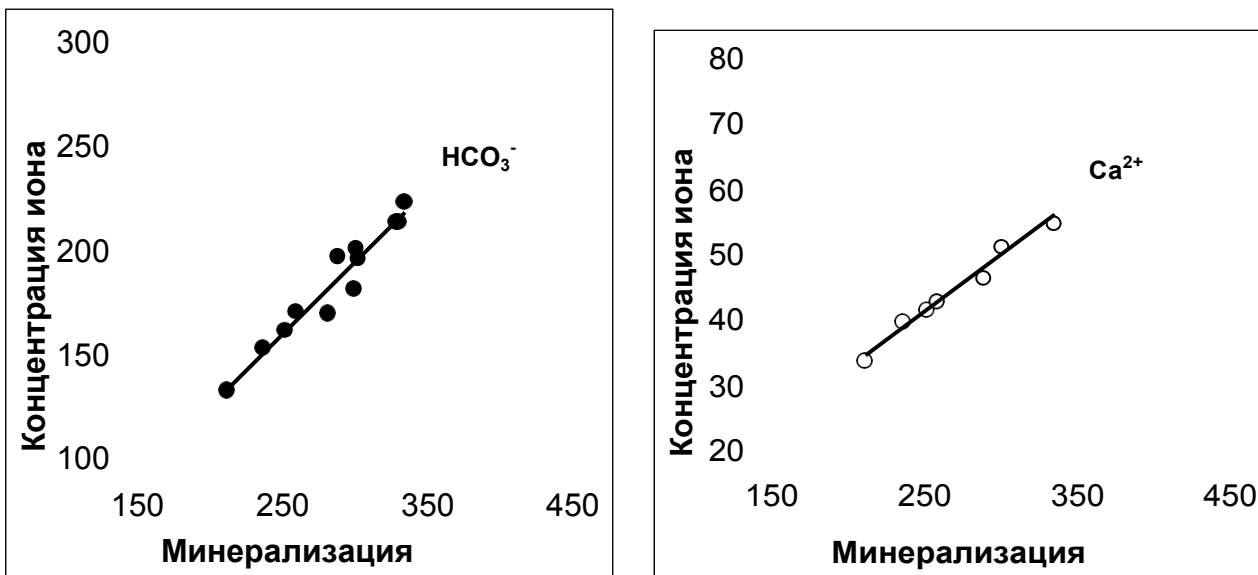
Река (дата отбора проб)	Место отбора пробы	Ион							Σи
		НСО <sup>3-</sup>	Са <sup>2+</sup>	Мg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Сl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	К <sup>+</sup>	
Виляя 18.02.1997 г.	Выше вдхр.	<u>210,4</u> 40,6	<u>54,5</u> 32,0	<u>15,2</u> 14,7	<u>23,3</u> 5,8	<u>10,7</u> 3,5	<u>5,3</u> 2,7	<u>2,3</u> 0,7	321,7
	Ниже вдхр.	<u>213,5</u> 39,5	<u>56,1</u> 31,7	<u>17,1</u> 16,0	<u>24,7</u> 5,8	<u>10,3</u> 3,3	<u>6,6</u> 3,2	<u>1,5</u> 0,5	
Виляя 02.04.1997 г.	«То же»	<u>181,8</u> 39,9	<u>45,1</u> 30,1	<u>15,6</u> 17,1	<u>18,2</u> 5,1	<u>10,6</u> 4,0	<u>4,7</u> 2,7	<u>3,1</u> 1,1	279,1
	«То же»	<u>213,5</u> 39,9	<u>53,5</u> 30,4	<u>16,4</u> 15,4	<u>24,7</u> 5,8	<u>12,4</u> 4,0	<u>7,6</u> 3,8	<u>2,4</u> 0,7	
Виляя 24.06.1997 г.	« »	<u>212,3</u> 43,4	<u>55,7</u> 34,7	<u>12,5</u> 12,9	<u>12,5</u> 3,2	<u>8,0</u> 2,9	<u>4,3</u> 2,4	<u>1,4</u> 0,5	306,7
	« »	<u>195,2</u> 40,2	<u>54,7</u> 34,3	<u>11,8</u> 12,2	<u>23,7</u> 6,1	<u>9,0</u> 3,1	<u>6,1</u> 3,3	<u>2,2</u> 0,8	
Виляя 17.07.1997 г.	« »	<u>246,8</u> 42,7	<u>66,9</u> 35,3	<u>14,6</u> 12,7	<u>17,9</u> 3,9	<u>10,1</u> 3,0	<u>4,4</u> 2,0	<u>1,6</u> 0,4	362,3
	« »	<u>180,9</u> 36,9	<u>51,9</u> 32,3	<u>14,5</u> 14,8	<u>36,6</u> 9,5	<u>9,3</u> 3,2	<u>4,8</u> 2,6	<u>2,3</u> 0,7	
Виляя 02.09.1997 г.	« »	<u>266,0</u> 42,4	<u>65,7</u> 31,9	<u>19,2</u> 15,4	<u>21,1</u> 4,3	<u>10,8</u> 2,9	<u>6,2</u> 2,6	<u>2,1</u> 0,5	391,1
	« »	<u>169,6</u> 36,5	<u>44,7</u> 29,3	<u>15,7</u> 16,9	<u>33,7</u> 9,2	<u>10,0</u> 3,7	<u>6,8</u> 3,9	<u>1,7</u> 0,5	
Виляя 12.11.1997 г.	« »	<u>255,0</u> 42,6	<u>63,3</u> 32,3	<u>18,8</u> 15,8	<u>19,0</u> 4,1	<u>11,3</u> 3,3	<u>4,0</u> 1,7	<u>1,3</u> 0,3	372,7
	« »	<u>223,3</u> 41,2	<u>54,7</u> 30,7	<u>18,0</u> 16,7	<u>21,2</u> 5,0	<u>11,8</u> 3,7	<u>4,3</u> 2,1	<u>2,0</u> 0,6	
Волма 28.02.2006 г.	« »	<u>196,9</u> 41,5	<u>50,6</u> 32,5	<u>13,5</u> 14,3	<u>18,0</u> 4,8	<u>10,1</u> 3,7	<u>4,8</u> 2,7	<u>1,1</u> 0,4	295,2
	« »	<u>200,2</u> 41,4	<u>51,2</u> 32,2	<u>13,6</u> 14,1	<u>18,8</u> 4,9	<u>10,6</u> 3,8	<u>5,6</u> 3,1	<u>1,6</u> 0,5	
Волма 21.05.2006 г.	« »	<u>180,8</u> 41,0	<u>46,1</u> 31,8	<u>13,7</u> 15,6	<u>18,3</u> 5,3	<u>9,6</u> 3,8	<u>3,7</u> 2,2	<u>0,8</u> 0,3	273,0
	« »	<u>132,0</u> 38,3	<u>33,7</u> 29,8	<u>10,2</u> 14,8	<u>19,2</u> 7,1	<u>10,3</u> 5,1	<u>5,7</u> 4,4	<u>1,2</u> 0,5	
Волма 20.08.2006 г.	« »	<u>179,9</u> 41,2	<u>45,8</u> 31,9	<u>13,1</u> 15,1	<u>16,8</u> 4,9	<u>10,1</u> 4,0	<u>3,8</u> 2,3	<u>1,8</u> 0,6	271,3
	« »	<u>152,4</u> 39,7	<u>39,9</u> 31,7	<u>10,8</u> 14,2	<u>17,4</u> 5,8	<u>10,1</u> 4,5	<u>5,5</u> 3,8	<u>0,8</u> 0,3	

Вяча 28.02.2006 г.	« »	$\frac{193,5}{43,0}$	$\frac{45,9}{31,1}$	$\frac{12,8}{14,3}$	$\frac{14,2}{4,0}$	$\frac{8,0}{3,0}$	$\frac{6,0}{3,5}$	$\frac{3,1}{1,1}$	283,5
	« »	$\frac{196,2}{42,7}$	$\frac{46,4}{30,7}$	$\frac{13,0}{14,2}$	$\frac{14,8}{4,1}$	$\frac{8,5}{3,2}$	$\frac{6,9}{4,0}$	$\frac{3,1}{1,1}$	288,9
Вяча 21.05.2006 г.	« »	$\frac{182,6}{40,8}$	$\frac{46,1}{31,4}$	$\frac{12,8}{14,4}$	$\frac{18,1}{5,1}$	$\frac{10,8}{4,2}$	$\frac{5,3}{3,1}$	$\frac{2,8}{1,0}$	278,5
	« »	$\frac{161,5}{39,6}$	$\frac{41,5}{31,0}$	$\frac{11,6}{14,3}$	$\frac{18,8}{5,8}$	$\frac{10,9}{4,6}$	$\frac{5,8}{3,8}$	$\frac{2,4}{0,9}$	252,5
Вяча 20.08.2006 г.	« »	$\frac{198,3}{42,7}$	$\frac{48,2}{31,6}$	$\frac{12,4}{13,4}$	$\frac{16,6}{4,5}$	$\frac{7,8}{2,9}$	$\frac{5,8}{3,3}$	$\frac{2,5}{0,9}$	291,6
	« »	$\frac{170,2}{41,2}$	$\frac{42,9}{31,5}$	$\frac{10,4}{12,8}$	$\frac{17,1}{5,3}$	$\frac{8,6}{3,6}$	$\frac{7,2}{4,6}$	$\frac{1,8}{0,7}$	258,2

Как свидетельствуют данные таблицы 1, амплитуда колебаний минерализации воды в реке, втекающей в Вилейское водохранилище, в 1997 г. составляла  $112 \text{ мг/дм}^3$ , в то время как ниже плотины –  $53,1 \text{ мг/дм}^3$ . Отмеченное уменьшение годовой амплитуды колебания минерализации воды ниже плотины объясняется смешением в водохранилище водных масс, сформированных в различные сезоны года. В период весеннего половодья, когда вода в водохранилище медленнее разбавляется талой слабо минерализованной водой, вода, сбрасываемая в нижний бьеф, оказывается более минерализованной, чем в реке, впадающей в водохранилище. Весенняя слабоминерализованная вода достигнет плотины тогда, когда будет вытеснена вся зимняя вода, имеющая повышенную минерализацию. Вследствие этого минимальная минерализация воды р. Вилии, которая до строительства водохранилища отмечалась в марте – апреле, оказывается сдвинутой на более поздние сроки (на конец весны – начало лета).

Подобные изменения отмечены ниже водохранилищ, расположенных на территории России: Куйбышевского, Рыбинского, Клязьминского, Ивановского, Угличского и других [3, 4, 8]. Результаты этих исследований указывают на то, что с уменьшением годовых значений коэффициентов водообмена водохранилищ происходит уменьшение амплитуды колебания общей минерализации воды в реке ниже гидроузла. Поэтому из многочисленных факторов, определяющих гидрохимический режим водохранилищ и их нижних бьефов, наиболее важным является водообмен. Исследованиями М.Н. Тарасова, И.М. Павелко установлено, что при водообмене больше 7 гидрохимические режимы водохранилища и реки уже практически не отличаются [9].

В соответствии с изменениями минерализации воды, меняется и режим главных ионов в воде зарегулированных рек, поскольку между содержанием ионов и минерализацией существует зависимость, которая для доминирующих ионов  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{Ca}^{2+}$  характеризуется высокими коэффициентами корреляции (0,97 и 0,96) (рисунок 2).



**Рисунок 2** – Зависимость между минерализацией воды и концентрацией доминирующих ионов  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{Ca}^{2+}$  в воде р. Вилии, р. Волмы и р. Вячи в створах, расположенных ниже водохранилищ

Анализ данных РЦРКМ показал, что в 1997 году в воде р. Вилии выше водохранилища амплитуда колебания концентрации иона  $\text{HCO}_3^-$  составляла  $84,2 \text{ мг/дм}^3$ , в то время как ниже плотины не превышала  $53,7 \text{ мг/дм}^3$ . Во входном створе минимальное содержание гидрокарбонатного иона в речной воде наблюдалось в период половодья, когда река переходила на питание талыми снеговыми водами. На выходе же из водохранилища концентрация гидрокарбонатного иона в этот период оказалась максимальной. Содержание  $\text{Ca}^{2+}$  в воде реки, втекающей в Вилейское водохранилище, в 1997 г. колебалось в пределах  $45,1\text{--}66,9 \text{ мг/дм}^3$ , в то время как ниже плотины –  $44,7\text{--}56,1 \text{ мг/дм}^3$  [6].

По химическому составу речные воды страны относятся к гидрокарбонатному классу кальциевой группы и характеризуются следующим соотношением главных ионов:  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$  и  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ . В ходе проведенных исследований установлено, что создание водохранилищ не привело к изменению существующего класса речных вод ниже плотины. Вместе с тем, в воде зарегулированных рек отмечаются некоторые изменения в соотношении концентрации главных ионов (таблица 1). Так, относительное содержание  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{Ca}^{2+}$  в воде исследуемых рек ниже плотины понизилось, а ионов  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  повысилась. Тенденция изменения содержания ионов  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{K}^+$  не выражена.

Для оценки степени влияния водохранилищ на химический состав воды зарегулированных водотоков нами применен коэффициент геохимического воздействия, широко применяемый при анализе влияния урбанизированных территорий на химический состав вод ниже городов (таблица 2):

$$K_{г.в.} = \frac{C_n - C_v}{C_v},$$

где  $K_{г.в.}$  – коэффициент геохимического воздействия искусственного водоема;  $C_n$  – концентрация элементов ниже водохранилища;  $C_v$  – концентрация элементов выше водохранилища.

**Таблица 2 – Коэффициенты геохимического воздействия  
искусственных водоемов**

Ион	Водохранилище (дата)		
	Вилейское	Петровичское	Вяча
HCO <sup>3-</sup>	0,01 (18.02.97)	0,02 (28.02.06)	0,01 (28.02.06)
	0,17 (02.04.97)		
	-0,08 (24.06.97)	-0,27 (21.05.06)	-0,12 (21.05.06)
	-0,27 (17.07.97)		
	-0,12 (12.11.97)		
Ca <sup>2+</sup>	0,03(18.02.97)	0,01 (28.02.06)	0,01 (28.02.06)
	0,19 (02.04.97)		
	-0,02 (24.06.97)	-0,27 (21.05.06)	-0,10 (21.05.06)
	-0,22 (17.07.97)		
	-0,17 (12.11.97)		
Mg <sup>2+</sup>	0,12 (18.02.97)	0,01 (28.02.06)	0,02 (28.02.06)
	0,05 (02.04.97)		
	-0,06 (24.06.97)	-0,25 (21.05.06)	-0,09 (21.05.06)
	-0,01 (17.07.97)		
	-0,04 (12.11.97)		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,06 (18.02.97)	0,04 (28.02.06)	0,04 (28.02.06)
	0,36 (02.04.97)		
	0,90 (24.06.97)	0,05 (21.05.06)	0,04 (21.05.06)
	1,04 (17.07.97)		
	0,11 (12.11.97)		
Cl <sup>-</sup>	-0,04 (18.02.97)	0,05 (28.02.06)	0,06 (28.02.06)
	0,17 (02.04.97)		
	0,13 (24.06.97)	0,07 (21.05.06)	0,01 (21.05.06)
	-0,08 (17.07.97)		
	0,04 (12.11.97)		
Na <sup>+</sup>	0,24 (18.02.97)	0,17 (28.02.06)	0,15 (28.02.06)
	0,62 (02.04.97)		
	0,42 (24.06.97)	0,54 (21.05.06)	0,09 (21.05.06)
	0,09 (17.07.97)		
	0,08 (12.11.97)		
K <sup>+</sup>	-0,34 (18.02.97)	0,23 (28.02.06)	0,00 (28.02.06)
	-0,23 (02.04.97)		
	0,57 (24.06.97)	0,50 (21.05.06)	-0,14 (21.05.06)
	0,44 (17.07.97)		
	0,54 (12.11.97)		
Σ <sub>и</sub>	0,025 (18.02.97)	0,02 (28.02.06)	0,02 (28.02.06)
	0,18 (02.04.97)		
	-0,01 (24.06.97)	-0,22 (21.05.06)	-0,09 (21.05.06)
	-0,17 (17.07.97)		
	-0,10 (12.11.97)		

Полученные коэффициенты позволяют оценить степень влияния водохранилищ на гидрохимический режим зарегулированных водотоков в зависи-

мости от их гидроморфологических особенностей и конкретного сезона года. Так, согласно приведенным в таблице данным, наибольшее влияние на ионный состав воды исследуемых рек оказывает Вилейское водохранилище, имеющее меньший коэффициент условного водообмена по сравнению с водохранилищами Петровичское и Вяча. В отношении ионов  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  установлена тенденция к увеличению их концентраций в зимний период и период половодья. В первом случае это объясняется преобладанием процессов деструкции вещества, накопленного в водохранилище, а во втором – смешением в водохранилище водных масс, сформированных в различные сезоны года, и их осреднением. На протяжении остального периода года концентрация этих ионов в речной воде на выходе из водохранилищ снижается по сравнению с их концентрацией во входных створах. В летний период это снижение обусловлено интенсивно идущим в водохранилищах процессом фотосинтеза, что сопровождается разложением ионов  $\text{HCO}_3^-$ , а ионы  $\text{Ca}^{2+}$  активно потребляются водными организмами. Ионы  $\text{Mg}^{2+}$  входят в состав хлорофилла и играют важную роль в жизни водорослей, активно развивающихся в водохранилищах, что способствует снижению концентрации этого элемента. Концентрация ионов  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  на протяжении всего года, как правило, оказывается более высокой в реке ниже плотины. Более значительное увеличение характерно для весенне-летнего периода, что указывает на приоритетную роль агротехногенного фактора в изменении концентраций этих элементов в воде зарегулированных рек ниже плотины. Как отмечается [5], увеличение концентрации этих элементов в природных водах является следствием влияния главным образом антропогенных источников.

### **Заключение**

1. В зависимости от степени перераспределения речного стока в нижнем бьефе водохранилищ отмечается уменьшение годовой амплитуды колебаний минерализации воды до 2 и более раз и смещение ее минимальной и максимальной величины на более поздние сроки: до 1–2 месяцев по сравнению с естественным режимом.

2. Создание водохранилищ не приводит к изменению существующего класса речных вод. Вместе с тем, в речной воде ниже плотины водохранилищ отмечается уменьшение относительного содержания гидрокарбонатного иона и кальция и увеличение сульфатных ионов, ионов хлора и натрия. Максимальное влияние искусственных водоемов на ионный состав зарегулированных рек характерно для весенне-летнего периода. Весной это обусловлено задержкой в водохранилище водных масс, сформированных в различные периоды года, а летом – активно идущими процессами фотосинтеза, повышенным биологическим потреблением элементов и агротехногенным использованием водосборных территорий.

### **Список литературы**

1. Алекин, О.А. Руководство по химическому анализу вод суши / О.А. Алекин, А.Д. Семенов, Б.А. Скопинцев. – 3-е изд. – Л. : Гидрометеоиздат, 1973. – 269 с.
2. Двуреченская, С.Я. Исследование изменчивости гидрохимического режима Новосибирского водохранилища / С.Я. Двуреченская // География и природ. ресурсы. – 2007. – № 4. – С. 74–79.
3. Денисова, А.И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования / А.И. Денисова. – Киев: Наук. думка, 1979. – 290 с.

4. Знаменский, В.А. Гидрологические процессы и их роль в формировании качества воды / В.А. Знаменский. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 248 с.
5. Кадацкая, О.В. Гидрохимическая индикация ландшафтной обстановки водосборов / О.В. Кадацкая. – Минск: Наука и техника, 1987. – 134 с.
6. Кирвель, И.И. Трансформация гидрохимического режима зарегулированных рек / И.И. Кирвель, М.С. Кукшинов // Природ. ресурсы. – 2007. – № 3. – С. 5–15.
7. Попов, А.Н. Прогноз минерализации воды строящегося Юмагузинского водохранилища / А.Н. Попов, Г.А. Оболдина // Вод. ресурсы. – 2005. – Т. 32, № 2. – С. 214–222.
8. Сороковикова, Л.М. Трансформация главных ионов и минерализации воды р. Енисей в условиях зарегулированного стока / Л.М. Сороковикова // Вод. ресурсы. – 1993. – № 3. – С. 320–325.
9. Тарасов, М.Н. Изменения гидрохимического режима рек при их зарегулировании водохранилищами и вопросы прогнозирования / М.Н. Тарасов, И.М. Павелко // Гидрохимические материалы: сб. науч. тр. / Гидрохим. ин-т. – М., 1969. – Т. 50: Химия природных вод, их загрязнение и самоочищение. – С. 47–56.

УДК 551.588 (476)

## **ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ НА ДИНАМИКУ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

**Коляда В.В.**

Государственное научное учреждение «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь, valery\_v\_kalyada@tut.by

*The quantification of influence of modern climatic trends on productivity of cereals crops and winter rapeseed for various territories including Belarus is given.*

### **Введение**

Наиболее массовым подходом к оценке влияния изменяющегося климата на продуктивность сельского хозяйства является построение регрессионных моделей, в основе которых сопряженные временные ряды урожайности сельскохозяйственных культур, прежде всего зерновых, и климатических переменных. Последние характеризуют термические (часто и радиационные) условия произрастания культур и условия влагообеспеченности и представлены наиболее доступными данными по температуре воздуха и количеству атмосферных осадков за календарные месяцы вегетационного периода. Считается, что их использование сопряжено с минимальными потерями информации в сравнении с характеристиками различных фаз развития растений. Способом приведения временных рядов к стационарному виду является расчет первых разностей, а зависимости урожайности от климатически переменных устанавливаются по модели множественной линейной регрессии [2].

Примером может служить оценка роли климатических трендов в динамике урожайности пшеницы в Австралии в 1952–1992 гг. [5]. Климатическими переменными в ней выступали среднегодовые максимальные и минимальные тем-

пературы воздуха и количество атмосферных осадков в первых разностях, по которым получено уравнение без свободного члена:

$$\Delta Y = -0,0004 \Delta R + 0,5043 \Delta T_{\min} - 0,6090 \Delta T_{\max},$$

где  $\Delta Y$  – изменение климатобусловленной урожайности, т/га,  $\Delta R$  – изменение осадков (мм),  $\Delta T_{\min}$  – изменение минимальной температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ), а  $\Delta T_{\max}$  – изменение максимальной температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ).

За указанный период урожайность пшеницы выросла на 0,5 т/га, максимальная температура – на 0,58  $^{\circ}\text{C}$ , минимальная – на 1,02  $^{\circ}\text{C}$ , суммы осадков – на 39 мм, а климатобусловленное изменение урожайности составило:

$$\Delta Y = -0,0004 (39) + 0,5043 (1,02) - 0,6090 (0,58) = 0,15 \text{ т/га.}$$

Таким образом, изменения климата в рассматриваемый период обеспечили более чем 30 % общего роста урожайности пшеницы Австралии [5].

Широкою известность данный подход приобрел в рамках глобальной оценки влияния климатических трендов на урожайность шести важнейших продовольственных культур мира [3], результаты которой представлены в таблице 1.

**Таблица 1**– Итоговая статистика регрессионных моделей «урожайность – климатические переменные» на глобальном уровне за 1961–2002 гг.

Показатель	Сельскохозяйственная культура					
	пшеница	рис	кукуруза	соя	ячмень	сорго
Модельный $R^2$	0,41	0,29	0,47	0,52	0,65	0,29
Изменения рожайности для $\Delta T_{\max}=\Delta T_{\min}=1^{\circ}\text{C}$ , %	-5,4	-0,6	-8,3	-1,3	-8,9	-8,4

Оценки показывают, что по меньшей мере 29 % дисперсии ежегодных изменений урожайности у всех культур объясняется климатическими факторами, а для ячменя и сои – больше половины и около двух третей соответственно. Значимые эффекты относятся, главным образом, к трендам температуры. Реакция на увеличение температуры у всех культур была отрицательной, что, по мнению авторов, связано с ускорением развития культур, усилением водного стресса и дыхания посевов при потеплении [3].

Многочисленные оценки изменения климатобусловленной урожайности зерновых культур за период активной фазы изменений климата по данной методике получены по территории России. Их результаты, с использованием панельных данных по административным областям, отражает таблица 2 [1].

**Таблица 2** – Общее (1) и климатобусловленное (2) изменение урожайности зерновых культур в России за период 1975–2010 гг. (ц/га/10 лет)

Федеральный округ	Зерновые и зерно-бобовые – в целом		Озимая пшеница		Яровой ячмень	
	1	2	1	2	1	2
	Северо-Западный (юг)	0,56	0,20	1,60	-	1,98
Центральный (север)	0,50	0,22	1,88	0,31	1,13	-0,0
Центральный (центр)	1,41	-0,17	1,90	0,28	1,40	-0,17
Центральный (юг)	2,49	-0,15	2,40	0,07	2,04	-0,46
Приволжский (север)	1,04	0,00	1,52	0,61	0,70	-0,05
Приволжский (юг)	0,00	-0,07	1,02	0,88	0,36	-0,20
Южный	2,30	0,44	2,97	0,83	0,21	-0,07
Уральский (юг)	0,31	0,82	-0,04	-	0,33	0,21
<b>Россия</b>	<b>1,15</b>	<b>0,17</b>	<b>1,66</b>	<b>0,50</b>	<b>1,02</b>	<b>0,004</b>

Из таблицы следует, что в рассматриваемый период урожайность в большинстве регионов Европейской территории России росла, чему способствовали и изменения климата. В среднем по стране у зерновых и зернобобовых культур в целом они обеспечили около 15 % общего прироста урожайности. При этом, климатообусловленный рост урожайности у пшеницы отмечался во всех регионах, где она культивируется, и в среднем по стране составил 30 % общего прироста. В то же время у ярового ячменя наблюдалось климатообусловленное снижение урожайности, и средний нулевой прирост был обеспечен целиком за счет восточных регионов (табл. 2).

### **Материалы и методы исследования**

Для оценки влияния климатических трендов на урожайность использовались данные Национального статистического комитета по зерновым и зернобобовым культурам и озимому рапсу для территории Беларуси и административных областей за 1990–2012 гг., а также материалы Республиканского гидрометцентра по средним месячным температурам воздуха и суммам атмосферных осадков за тот же период в разрезе метеостанций, осредненные нами на национальном и областном уровнях. По временным рядам для Беларуси в целом были получены оценки линейных трендов урожайности и климатических переменных. Для оценки зависимости урожайности от климатических переменных областные ряды объединялись в панель, с объемом выборки для культуры (с учетом взятия первых разностей) равным:  $(23-1) \times 6 = 132$ .

Оценка зависимости урожайности от климатических переменных методом множественной линейной регрессии проводилась с использованием системы STATISTICA 6.0. В качестве исходного набора объясняющих переменных для яровых культур использованы средние температуры и суммы осадков по всем месяцам от их посадки до уборки: для культур раннего сева за апрель – август, для гречихи – за май – август, для кукурузы – за май – октябрь. Для озимых культур использовались данные с сентября предыдущего года по август года уборки. Таким образом, в первом случае использовалась 10 климатических переменных, а во втором – 24. Применялась пошаговая процедура с включением статистически значимых переменных на 5 %-ом уровне ошибки с получением уравнения регрессии без свободного члена с конкретным набором детерминирующих урожайность культуры переменных.

Величина климатообусловленного изменения урожайности определялась путем подстановки в уравнение регрессии приростов (снижений) соответствующих климатических переменных, оцененных по линейному тренду.

### **Обсуждение результатов и выводы**

Модельные оценки коэффициента детерминации  $R^2$  показывают, что климатические переменные в условиях Беларуси определяют от четверти (яровая пшеница) до более двух третей (озимая тритикале и пшеница) изменчивости урожайности рассмотренных культур. Особенно высокой зависимостью урожайности от климата характеризуются озимые зерновые культуры, а среди яровых культур – гречиха ( $R^2 = 60,4\%$ ).

Судя по коэффициентам регрессии, основным лимитирующим фактором урожайности является температура, роль которой в период весенне-летней вегетации, у всех культур, кроме кукурузы, отрицательна. Максимальными их величинами у ранних яровых культур выделяется температура июня, у опере-



жающих их по срокам развития озимых культур этот максимум смещается на май, а у более поздней гречихи – на июль. Особняком среди зерновых культур стоит кукуруза, которая, напротив, положительно реагирует на повышение температуры в июне. Положительная роль температуры обнаруживается также в период их сева (сентябрь, предшествующего года) у всех озимых ржи и тритикале и в период массовой уборки зерновых культур (август) у озимой пшеницы, ярового ячменя и зерновых и зернобобовых культур в целом. В холодный период года положительная роль температуры для урожайности озимых наиболее четко выражена в феврале, а у озимой ржи – в марте.

Влияние на урожайность атмосферных осадков обнаруживается с октября по апрель у озимых культур, но особенно четко прослеживается их отрицательная роль в декабре. Среди яровых культур положительно реагирует на атмосферные осадки лишь гречиха, урожайность которой растет при их увеличении в мае и июне. Яровая пшеница и зернобобовые культуры, напротив, снижают урожайность при увеличении осадков в августе, в период уборки.

Оценки изменения средней температуры воздуха и сумм осадков и их статистической значимости характеризуют параметры линейных трендов. Для сравнения такие же оценки были получены для периода с 1975 г., который принимается за начало активной фазы современного потепления (табл. 3).

**Таблица 3 – Параметры линейных трендов средних температу и сумм атмосферных осадков для Беларуси**

Месяц (сезон, период, год)	1975–2012 гг.				1990–2012 гг.			
	°C/10 лет	$R^2$ , %	мм/10 лет	$R^2$ , %	°C/10 лет	$R^2$ , %	мм/10 лет	$R^2$ , %
январь	0,54	2,6	0,1	0,0	-1,25	8,5	5,2	4,8
февраль	0,41	1,4	<b>6,1</b>	<b>26,9</b>	-2,09	15,5	2,6	2,5
март	0,37	2,9	0,6	0,2	-0,33	1,0	-2,1	1,1
апрель	<b>0,64</b>	<b>18,7</b>	-2,4	2,9	0,45	4,0	-0,6	0,1
май	0,09	0,3	6,0	10,3	0,51	5,6	8,4	6,5
июнь	0,30	4,9	-0,2	0,0	0,35	2,5	4,9	1,6
июль	<b>0,96</b>	<b>34,5</b>	3,6	1,3	<b>1,10</b>	<b>17,4</b>	4,9	0,7
август	<b>0,58</b>	<b>22,4</b>	3,1	1,4	0,38	3,7	18,8	13,8
сентябрь	0,30	5,6	-4,5	3,2	0,78	14,9	<b>-24,1</b>	<b>36,0</b>
октябрь	0,28	4,6	6,2	6,4	0,23	1,3	5,3	1,6
ноябрь	0,48	4,9	2,6	3,6	1,52	14,4	0,1	0,0
декабрь	0,26	1,1	-1,4	1,2	0,67	0,2	3,9	3,1
зима	0,40	3,9	4,8	6,1	-0,85	9,3	11,7	9,7
весна	0,36	9,6	2,4	0,8	0,21	2,3	2,1	0,3
лето	<b>0,62</b>	<b>33,4</b>	6,5	2,0	0,61	12,5	28,6	12,2
осень	<b>0,35</b>	<b>14,3</b>	4,3	1,3	<b>0,84</b>	<b>23,7</b>	-18,7	9,0
холодный период	0,41	7,6	8,1	6,7	-0,28	2,0	9,7	3,1
теплый период	<b>0,45</b>	<b>36,2</b>	11,8	4,6	<b>0,54</b>	<b>31,2</b>	17,6	3,9
год	<b>0,43</b>	<b>23,8</b>	19,8	9,9	0,20	5,0	27,3	6,4

Из таблицы следует, что в последний период рост температуры на территории Беларуси в целом замедлился, а в январе, феврале и марте, зимой и в холодный период года (ноябрь–март) даже сменился похолоданием. Причем заметно уменьшилось число статистических значимых оценок (выделены жирным шрифтом). Если за 1975–2012 гг. они фиксируются в апреле, июле и августе, в летний и осенний сезоны, теплый период и в году в целом, то за 1990–2012 гг. реальность потепления статистически подтверждается лишь для июля, осени и теплого периода года.

Тренды атмосферных осадков на территории Беларуси в указанные периоды для большинства месяцев, сезонов, теплого и холодного периодов и года в основном положительны, но статистически незначимы (табл. 3).

Оценки общего и климатообусловленного прироста урожайности зерновых и зернобобовых культур и озимого рапса для территории Беларуси по данным за 1990 – 2012 гг. отражает таблица 4.

**Таблица 4 – Общий и климатообусловленный прирост урожайности в Беларуси за 1990–2012 гг**

Культура	Общий прирост		Климатообусловленный прирост	
	ц/га/ 10 лет	$R^2$ , %	ц/га/ 10 лет	%
Зерновые и зернобобовые культуры – в целом	4,05	28,2	-2,14	-52,8
озимая рожь	-0,54	0,8	-0,48	89,1
озимая пшеница	5,48	40,7	-2,09	-38,2
озимая тритикале	3,93	28,8	-1,37	-34,9
яровая пшеница	5,98	50,1	-0,93	-15,6
яровой ячмень	3,66	23,3	-1,06	-28,9
овес	4,11	28,2	-1,47	-35,8
зернобобовые	4,17	39,7	-1,40	-33,5
гречиха	1,77	24,2	-0,66	-37,1
кукуруза	14,67	60,9	0,10	0,7
Озимый рапс	2,89	32,4	0,59	20,6

Оценки параметров линейных трендов урожайности рассмотренных культур свидетельствуют об их общем статистически значимом на 5-м % уровне ошибки увеличении в 1990–2012 гг. Только у озимой ржи в исследуемый период отмечалось снижение урожайности, впрочем, статистически незначимое. Средний прирост урожайности по группе зерновых и зернобобовых культур в целом составил 4,05 ц/га за 10 лет. На этом уровне росла урожайность зернобобовых культур, озимой тритикале, ярового ячменя и овса, пониженными приростами характеризуется гречиха, более высокими – озимая и яровая пшеница, а рекордными приростами выделяется кукуруза.

Этот прирост ассоциируется, прежде всего, с прогрессом в области селекции, технологии и механизации зернопроизводства. При этом значительный интерес представляет оценка роли современных изменений климата, особенно заметных на территории Беларуси с конца 80-х гг. прошлого столетия. Полученные результаты показывают, что их роль для большинства зерновых и зернобобовых культур была негативной (табл. 4).

Согласно полученным оценкам, заметными климатообусловленными приростами урожайности из рассмотренных нами культур в последние десятилетия характеризуется лишь озимый рапс. Среди зерновых культур только у кукурузы под влиянием изменений климата в последние десятилетия наметился рост урожайности. Остальные культуры данной группы отрицательно реагируют на современные климатические тренды, существенно снижая свои приросты (табл. 4).

Следует отметить согласованность полученных оценок с результатами аналогичных расчетов по центральной части Центрального федерального округа России, куда входят соседние Смоленская и Брянская области (табл. 2).

Вместе с тем необходимо подчеркнуть предварительный характер сделанных выводов. Дело в том, что подобный упрощенный, огульный подход в последнее время подвергается критике. Все более осознается неполная адекватность линейных моделей при исследовании реакции сельскохозяйственных культур на изменения климата, в частности указывается на важность учета температурных порогов при оценке климатообусловленной динамики продуктивности сельскохозяйственных культур [2, 4]. Специальных средств анализа требует и использование панельных данных. Исследования по влиянию и оценке изменений климата на продуктивность сельского хозяйства Беларуси предполагается продолжить.

### **Список литературы**

1. Павлова, В.Н. Наблюдаемые изменения климата и динамика продуктивности сельского хозяйства России / В.Н. Павлова, О.Д. Сиротенко // Труды ГГО, 2012. – Вып. 565. – С. 132–151.

2. Impacts of climate change on the agricultural and aquatic systems and natural resources within the CGIAR's mandate // CCAFS Working Paper 23. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Copenhagen, Denmark. Ed. P. Thornton, L. Cramer, 2012. Available online at: [www.ccafs.cgiar.org](http://www.ccafs.cgiar.org).

3. Lobell, D.B. Global scale climate – crop yield relationships and the impacts of recent warming / D.B. Lobell, C.B. Field // Environ. Res. Lett. – 2007. – Vol. 2. – P.1–7.

4. Luo, Q. Temperature thresholds and crop production: a review / Q. Luo // Climatic Change. – 2011. – Vol. 109. – P. 583–598.

5. Nicholls N. Increased Australian wheat yield due to recent climate trends / N. Nicholls // Nature. – 1997. – Vol. 387. – P. 484–485.

## РАЗРАБОТКА МЕР ПО АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА В БАССЕЙНЕ РЕКИ НЕМАН

\*Корнеев В.Н., \*\*Гертман Л.Н, \*\*\*Римкус Э., \*\*\*\*Волчек А.А., \*\*\*\*\*Стоневичус Э.,  
\*\*\*\*\*Ануфриев В.Н.,

\*Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь, [v\\_korn@rambler.ru](mailto:v_korn@rambler.ru)

\*\*Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь, [lubov.hertman@yandex.by](mailto:lubov.hertman@yandex.by)

\*\*\*Вильнюсский университет, г. Вильнюс, Литва, [egidijus.rimkus@gf.vu.lt](mailto:egidijus.rimkus@gf.vu.lt)

\*\*\*\*Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь, [volchak@tut.by](mailto:volchak@tut.by)

\*\*\*\*\*Вильнюсский университет, г. Вильнюс, Литва, [edvinas.stonevicius@gf.vu.lt](mailto:edvinas.stonevicius@gf.vu.lt)

\*\*\*\*\*Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь, [vladimir.anufriev@rambler.ru](mailto:vladimir.anufriev@rambler.ru)

*The article presents the general results of the climate and runoff forecast in the Neman river basin take into account climate change scenarios. The measures for adaptation to climate change for the river basin are presented.*

### **Введение**

Данные, представленные в четвертом докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [6], свидетельствуют о том, что изменение климата является неоспоримым фактом, который подтверждается наблюдениями за повышением глобальной средней температуры воздуха и океанов, широко распространенным таянием снега и льда, повышением уровня Мирового океана. По оценкам МГЭИК и данным гидрометеорологических наблюдений, изменения климата будут особенно ощутимы в водной среде, обуславливая значительную уязвимость водных ресурсов к изменению климата. Это может привести к широкомасштабным последствиям для человеческого общества и экосистем.

Устойчивое развитие отраслей экономики в бассейне р. Неман с учетом обеспечения экологического функционирования водных объектов возможно при эффективном интегрированном управлении водными ресурсами бассейна, которое должно быть основано на учете среднесрочных и долгосрочных прогнозов региональных климатических изменений и своевременном принятии соответствующих предупреждающих адаптационных мер. Эти меры должны учитывать и максимально эффективно использовать выгоду от прогнозируемых изменений и нивелировать их возможные отрицательные последствия с учетом оценки климатических рисков. Поэтому необходимы меры по совершенствованию управления водными ресурсами с учетом адаптации к изменению климата с использованием бассейнового подхода и общих стратегических направлений адаптации для всех стран бассейна.

В 2011–2014 гг. в Беларуси и Литве реализуется проект «Управление водными ресурсами бассейна реки Неман с учетом адаптации к изменению климата» при поддержке Европейской Экономической Комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) и инициативы «Окружающая среда и безопасность» (ENVSEC) в рамках программы пилотных проектов по совершенствованию управления водными ресурсами трансграничных рек с учетом адаптации к изменению климата через Программу развития ООН в Республике Беларусь (ПРООН) [2].

Главной целью проекта является совершенствование интегрированного управления водными ресурсами с применением бассейнового подхода в условиях изменяющегося климата на примере реки Неман, протекающей по территории Беларуси, Литвы и Российской Федерации и впадающей в Балтийское море.

### **Наблюдаемые изменения климата и стока в бассейне реки Неман**

Анализ и прогноз изменения климатических характеристик и стока в бассейне р. Неман выполнен с использованием информации за период с 1961 по 2010 гг. по 23 метеорологическим станциям (8 на территории Беларуси и 15 на территории Литвы) и по 25 пунктам наблюдений за гидрологическим режимом (12 в Беларуси и 13 в Литве).

За период с 1961 по 2011 гг. выявлены следующие тенденции изменения климата:

- увеличение среднегодовой температуры воздуха в среднем по бассейну р. Неман на  $0,9^{\circ}\text{C}$  с максимальным увеличением в зимний период на  $2,5^{\circ}\text{C}$  (в январе) и в летний период на  $1,4^{\circ}\text{C}$  (в июле);

- незначительное увеличение количества осадков в среднем за год (на 7%), причем наибольшее увеличение произошло в зимнее время (в феврале почти на 40%), в летнее время изменение количества осадков оценивается как незначительное в пределах статистической значимости оценок.

За период с 1961 по 2009 гг. выявлены следующие тенденции изменения стока:

- незначительное увеличение среднегодового стока (в среднем по бассейну на 2,7%);

- снижение стока весеннего половодья с более ранним наступлением его пика;

- увеличение стока в зимний период на большей части территории бассейна Немана;

- незначительное уменьшение стока в летний период на территории Беларуси и увеличение стока в северо-западной части Литвы и в Калининградской области Российской Федерации.

### **Прогноз изменения климата и его влияние на водные ресурсы**

Долгосрочные, на период 35–50 лет (2021–2050), прогнозы изменения климата для бассейна р. Неман получены путем расчетов по региональной климатической модели SCLM с использованием выходных данных глобальной климатической модели ECHAM5.

Для прогнозирования изменения климата использованы два сценария изменения климата, представленные в четвертом отчете МГЭИК в 2007 г. [6]: A1B (relatively high-emission scenario) – более «жесткий» сценарий и B1 (low-emission scenario) – более «мягкий» сценарий. Следует отметить, что выбранные сцена-

рии в основном отражают наблюдаемые за последние 50 лет умеренные тенденции (закономерности) климатических изменений в бассейне р. Неман.

Тенденция увеличения температуры воздуха сохранится и в будущем периоде (до 2050). Среднегодовая температура воздуха вырастет на  $1,4^{\circ}\text{C}$  –  $1,7^{\circ}\text{C}$  с учетом различных климатических сценариев с увеличением на  $2,0^{\circ}\text{C}$  –  $2,8^{\circ}\text{C}$  в зимний период и на  $0,7^{\circ}\text{C}$  –  $1,1^{\circ}\text{C}$  в летний.

Также вероятно увеличение годового количества осадков в бассейне реки Неман. Более существенные изменения ожидаются в первой половине года, в то время как для летне-осеннего периода эти изменения будут не столь значительными. Вследствие наиболее значительного повышения температуры воздуха в зимний период и изменения количества и состава осадков снежный покров будет сокращаться в ближайшем будущем.

Уточненные климатические прогнозы до 2050 г. для бассейна р. Неман, выполненные с использованием результатов мультимодельного ансамбля CMIP5 по четырем сценариям, представленного в пятом отчете МГЭИК в 2013 г. [4], подтвердили выявленные прогнозные тенденции увеличения температуры воздуха и количества осадков в среднем по бассейну. При этом выявлено незначительное изменение распределения роста температуры воздуха по сезонам. Повышение температуры воздуха в летний период будет большим, чем прогнозировалось по сценариям A1B и B1, и меньшим в зимний период, чем прогнозировалось по указанным сценариям. Максимальное повышение температуры воздуха будет также в зимний период. Наибольшее количество осадков прогнозируется в холодное время года, а во второй половине лета, так же как и в начале осени, количество осадков будет мало меняться или даже незначительно уменьшится.

Прогноз изменения стока на период с 2021 по 2050 гг. выполнялся с использованием двух методологически схожих гидрологических моделей:

- с использованием модели WatBal с расчетами суммарного испарения и водного баланса (выполнены экспертами из Литвы) [5];
- белорусской модели гидролого-климатических расчетов на основании совместного решения уравнений водного и теплоэнергетического баланса (выполнены экспертами из Беларуси) [1].

По прогнозам изменения стока на период 2021–2050 гг. сохраняются выявленные за период с 1961 по 2009 гг. тенденции незначительного увеличения среднегодового стока в среднем по бассейну р. Неман.

Максимальное увеличение стока может произойти в зимний период (до +40%), в основном в январе и в феврале, за счет увеличения количества осадков и частоты оттепелей.

Прогнозируемый поверхностный сток в летний период в 2021–2050 гг. может быть меньше в белорусской части бассейна реки Неман (максимальное сокращение стока может составить до -20%), а в литовской части бассейна и в Калининградской области Российской Федерации может увеличиться до +20%.

Одним из отрицательных последствий изменения климата для бассейна р. Неман является возможное увеличение частоты и интенсивности неблагоприятных метеорологических и гидрологических явлений: интенсивные дожди, засухи, поздние заморозки, дождевые паводки и весенние половодья, приводящие к наводнениям.

Интенсивность весенних половодий и связанных с ними наводнений в бассейне р. Неман значительно снизилась за последние 50 лет – максимальный

сток весеннего половодья в среднем по бассейну уменьшился на 27,3 % с более ранним наступлением пика. Поэтому весенние половодья не являются приоритетной проблемой в бассейне р. Неман, за исключением верховий Немана на территории Беларуси, западной части Литвы и Калининградской области Российской Федерации. Прогнозируемое снижение максимального стока весеннего половодья может быть не столь значительным, как его снижение, отмеченное в последние 50 лет. Повышается вероятность возникновения внезапных дождевых паводков за счет усиления неравномерности внутригодового перераспределения стока. Причем интенсивность этих паводков как в период лето-осень, так и в другие периоды может стать сравнимой с интенсивностью половодья, особенно в случае наложения факторов снеготаяния с интенсивными дождями. Поэтому необходимо поддержание инженерных гидротехнических сооружений по противопаводковой защите в надлежащем техническом состоянии.

Проблема возникновения маловодных периодов, приводящих к засухам, актуальна для всего бассейна р. Неман. Хотя в настоящее и в будущее время оснований для возникновения дефицита водных ресурсов в целом в бассейне р. Неман не имеется, но повышается вероятность наступления длительных маловодных периодов.

За последние 50 лет произошло незначительное снижение стока в летний период на территории Беларуси (в среднем – на 4,4%), а также незначительное увеличение стока на территории Литвы (в среднем на 6,6 %, при снижении стока в южных районах и незначительное его увеличение в северных и западных). Приведенный вывод в принципе согласуется с результатами исследований засушливых периодов по суббассейнам р. Неман с использованием рекомендованных Всемирной метеорологической организацией (ВМО) индекса стока в период засух SDI (streamflow drought index) и стандартизованного индекса осадков SPI (standardized precipitation index) [5].

Однако в будущем вероятность наступления маловодных и особо маловодных периодов будет повышаться. Прогнозное снижение минимального стока в период лето-осень для территории Беларуси в будущем может быть более значительным, чем его снижение за последние 50 лет и в среднем составлять до 11 % (максимально – до 20 %). Менее значительное снижение минимального стока может быть в будущем в южной и восточной части территории Литвы и даже его некоторое увеличение в северной и западной части.

В течение маловодных периодов может произойти ухудшение экологического состояния и рекреационного потенциала поверхностных водных объектов и прилегающих территорий, изменение гидрогеологического режима грунтовых вод, истощение почвенного покрова на пойме и т.п. Помимо экономических ущербов (в основном - для сельского хозяйства), в сельских населенных пунктах, не связанных с системами централизованного водоснабжения, может оказаться под угрозой безопасность водоснабжения за счет снижения уровней грунтовых вод и обмеления колодцев. Кроме того, за счет возможного увеличения частоты и продолжительности засушливых периодов повышаются риски существенного уменьшения стока малых рек в летний период со снижением в них уровней воды, ухудшением качества и их рекреационного потенциала.

### **Разработка мер по адаптации к изменению климата**

Адаптация к изменению климата является необходимым условием при управлении водными ресурсами. Для этого необходима разработка и внедрение соответствующих мер, разработанных на основании оценки уязвимости

природных ресурсов и отраслей экономики от изменения климата и водных ресурсов. При своевременном внедрении таких мер через конкретные мероприятия и проекты можно не только снизить ущерб и риски от негативных проявлений климатической изменчивости, но даже извлекать определенную экономическую выгоду от положительных эффектов этой изменчивости.

Для разработки мер по адаптации необходимо учитывать уязвимость природных ресурсов и отраслей экономики к изменению климата, причем как по отдельным их видам, так и по их совокупности. В настоящее время не существует общепринятых единых подходов количественной оценки уязвимости. Наиболее употребительными являются подходы, основанные на установлении степени уязвимости с использованием балльной оценки с учетом степени воздействия изменения климата и адаптационного потенциала.

Для бассейна р. Неман в разрезе административных единиц (районов) проведена оценка степени уязвимости природных ресурсов и отраслей экономики. В ее основу положены следующие критерии: степень изменения стока; потенциал адаптации, оцененный для различных типов природных ресурсов и отраслей экономики в контексте их связи с водными ресурсами; последствия воздействия изменения климата.

По результатам оценки уязвимости можно сделать следующие выводы. Наибольшая уязвимость к изменению климата оценивается для территорий с высокой степенью снижения стока. Это районы в верховье Немана и Вилии. Высокая уязвимость к изменению климата может быть характерной и для регионов в нижнем течении Немана, в первую очередь для Калининградской области. Здесь значительное влияние может оказать высокая степень мелиорированности территории, износ дренажных систем. Кроме того, этот регион в сильной степени зависит от общей экологической и социально-экономической обстановки расположенных выше по течению территорий.

В центральной и верхней части бассейна расположены регионы с хорошо развитой промышленностью, крупными населенными пунктами, что в значительной степени влияет на гидрохимический режим в нижнем течении.

Важной проблемой является зарегулированность рек гидротехническими сооружениями. Что также может вызывать определенное социально-экономическое напряжение в регионе.

Согласно Руководству по водным ресурсам и адаптации к изменению климата [3] и на основании международных консультаций, проведенных в трех государствах бассейна р. Неман (Беларусь, Литва, Калининградская область Российской Федерации), определены основные стратегические направления адаптации к изменению климата для различных видов природных ресурсов и отраслей экономики.

Стратегические направления адаптации определяют базовые подходы, основные направления деятельности и состав мероприятий по совершенствованию управлением водными ресурсами в бассейне р. Неман с учетом адаптации к изменению климата.

## **Выводы**

Влияние климатических изменений не ограничивается административными границами регионов и государств. Следовательно, при разработке и внедрении мер по адаптации нужна кооперация и интеграция между регионами, государствами и отраслями экономики на всех уровнях. Необходимо понимание выгод взаимного сотрудничества между заинтересованными сторонами,



направленного на достижение положительного долгосрочного эффекта, взамен решений, сфокусированных только на краткосрочных выгодах. Сотрудничество и диалог становятся ключевыми понятиями в процессе изучения изменчивости климата и управления климатическими рисками.

Стратегические направления адаптации бассейна р. Неман к изменению климата включают перечень основных возможных мер, разработанный на основании оценки возможных воздействий этого изменения на различные виды природных ресурсов и отрасли экономики в контексте их взаимосвязи со степенью воздействия изменения климата на водные ресурсы. При грамотной разработке и своевременном внедрении этих мер через конкретные мероприятия и проекты можно не только снизить ущерб и риски от негативных проявлений климатической изменчивости, но даже извлекать определенную экономическую выгоду от положительных эффектов этой изменчивости.

Для достижения эффективных результатов необходимо внедрять бассейновые принципы интегрированного управления водными ресурсами, что предполагает активное международное сотрудничество и обмен информацией, эффективное взаимодействие между лицами, принимающими решения, представителями деловых и научных кругов, гражданским обществом и общественностью на различных уровнях, включая локальный, региональный и международный. При этом целесообразно использовать опыт и потенциал международных организаций, таких как ЕЭК ООН, ПРООН, ЮНЕП, ВМО, ENVSEC, Всемирный банк и др.

Необходимо также сформировать механизмы финансирования для конкретных объектов, секторов и направлений деятельности в области адаптации и смягчения последствий изменения климата, включая развитие системы страхования рисков, связанных с изменением климата.

### **Список литературы**

1. Волчек, А.А. Методика определения максимально возможного испарения по массовым метеоданным (на примере Белоруссии) / А.А. Волчек // Научно-техническая информация по мелиорации и водному хозяйству (Минводхоз БССР), 1986. – № 12. – С. 17–21.

2. Официальный веб-сайт ЕЭК ООН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www2.unecse.org/ehlm/platform/display/ClimateChange/Neman> – Дата доступа: 18.02.2014.

3. Руководство по водным ресурсам и адаптации к изменению климата. – ООН, Нью-Йорк и Женева, 2009. – 128 с.

4. Climate Change 2013: The Physical Science Basis [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> – Дата доступа: 18.02.2014.

5. Egidijus Rimkus, Edvinas Stonevičius, Vladimir Korneev, Justas Kažys, Gintaras Valiuškevičius and Aliaksandr Pakhomau. Dynamics of meteorological and hydrological droughts in the Neman river basin – IOP SCIENCE / 2013 Environ. Res. Lett. 8 045014 – 2013 IOP Publishing Ltd Printed in the UK - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/1748-9326/8/4/045014> – Дата доступа: 18.02.2014.

6. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.) IPCC, Geneva, Switzerland. pp 104 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/contents.html) – Дата доступа: 18.02.2014.

## ОЦЕНКА ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ЖИТОМИР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОТЕСТА НА ЛУКЕ

**Коцюба А.С.**

Житомирский национальный агроэкологический университет г. Житомир, Украина, [anna.kotsuba.87@mail.ru](mailto:anna.kotsuba.87@mail.ru)

*The problem of water pollution and control of it's quality is very important today. Biological methods such as biotesting become more using because they are quick, informative , simple and not expensive. That's why scientists made new more ideal and easy biotests .*

### **Введение**

Вода является незаменимым природным ресурсом для всех живых существ, в том числе и для человека. Она всегда играла важную роль во все исторические периоды. Современное общество невозможно представить без снабжения водой питьевого и коммунального назначения.

Определение качества воды было важным всегда, а особенно сегодня, когда постоянно увеличивается количество антропогенных токсикантов. В воду поступают чужеродные экосистеме элементы (ксенобиотики), которые не включаются в круговорот веществ, а накапливаются в цепях питания, вызывая отравление всего биоценоза [1]. Кроме того, через воду распространяется около 80% всех известных заболеваний, которые вызывают десятки миллионов смертей ежегодно [2].

Загрязняющие вещества классифицируются по стабильности в водной среде на 5 классов, где соответственно: 1-й класс – нестабильные, существуют лишь до 1 часа; 2-й – малостабильные – до суток; 3-й – стабильные – до недели; 4-й – высокостабильные – до 30 суток; 5-й – чрезвычайно стабильные – более 30 суток. Эта классификация характеризует способность веществ к превращениям и скорость этих превращений, их влияние на органолептические показатели качества воды и возможность накопления в течение определенного времени [3]. Нужно отметить, что в отличие от методов аналитической химии, методы биотестирования дают возможность установить последствия поступления в экосистему токсикантов даже после длительного прекращения их поступления, а также позволяют оценить суммарное действие нескольких веществ [4].

Кроме того, разделяют тесты для определения острого, подострого и хронического токсического действия. Острая токсичность устанавливается при помощи биотестов на протяжении от нескольких секунд до 7-14 суток. Они дают возможность оценить влияние кратковременного или одноразового воздействия токсиканта на живые организмы. Подострые – составляют 1/30 средней продолжительности жизни тест-организмов, характеризуют недлительное воздействие с несколькими повторностями введения определенного токсического вещества. Для данных тестов, как правило, используют организмы с короткой продолжительностью жизни. Хронические же биотесты направлены на выяснение долговременного влияния токсиканта с выраженной специфической реакцией тест-организмов [5].

Нужно отметить, что оптимальным для получения наиболее адекватной картины состояния водной среды является не только одновременное проведение всех вышеперечисленных тестов, но и использование системы из нескольких видов живых организмов (использование батарей биотестирования). Кроме того, приветствуется использование биотестов, проводимых на разных уровнях организации биоты. Так, например фиксация изменений на клеточном уровне и на уровне органов либо организмов, сроки прохождения фаз развития, этологические изменения, а также изменения в популяции в целом. Все вышеперечисленные особенности реакции живых существ позволяют не только фиксировать и оценивать влияние неизвестных токсических веществ, но и устанавливать суммарное действие нескольких токсикантов, уточнять значения ГДК уже известных веществ.

Биотестирование является современным, достаточно важным и перспективным методом оценки влияния разного рода токсических веществ на живые организмы с дальнейшим прогнозированием на человека.

Существует достаточно большой опыт по использованию некоторых видов наземных растений для тестирования качества воды [6].

Особенно перспективным, на наш взгляд, является использование лука обыкновенного для тестирования проб воды. Это связано с его высокой чувствительностью к водорастворимым компонентам, что важно для воды питьевого предназначения. Наиболее информативной характеристикой этого тест-объекта является рост и состояние корневой системы. Данный организм может быть использован как для определения острой, так и хронической токсичности. Лук широко используется также совместно с другими видами растений для более точного тестирования.

Универсальность таких тестовых объектов, как лук обыкновенный (*Allium сера L.*), позволяет количественно оценивать многофакторные нагрузки на водные объекты, в том числе пресноводные экосистемы по особенностям роста корней. В частности, при исследовании разных типов вод на *Allium сера*, получили возможность разделить водные образцы на классы по уровню загрязненности [6,7]. Лук удобен и прост в проведении опытов, также не требует особых условий хранения. Указанные преимущества позволяют использовать эту культуру для биотестирования питьевой воды на предприятиях коммунального водоснабжения городов как самостоятельно, так и совместно с другими биотесторами.

### **Основная часть**

Поскольку повышенная загрязненность водной среды наблюдается именно в летний период при максимальной температуре воды, этот сезон года и был выбран нами для проведения исследований.

В течение летнего периода тестировали качество воды питьевого назначения г. Житомир. Как тест-культуру использовали лук сорта Центурион. Длительность биотестирования составила 7 дней.

Параллельно проводили два опыта. В 1-м (табл. 1) определяли качество воды водозабора «Отсечное» и водохранилища «Деньши», расположенных на реке Тетерев (приток Днепра), что соответствовало опытным группам 1 и 2. Контролем служила ключевая вода вблизи мест взятия проб опытных групп (с.Перлявка). Для 2-го опыта (табл. 3) была взята проба из резервуаров чистой

воды для водоснабжения города (РЧВ 1 – объемом 20000, РЧВ 2 – объемом 5000) – опытные группы 1' и 2' соответственно, контролем служил дистиллят.

Каждая опытная группа была сформирована по принципу пар-аналогов и содержала по 30 луковиц, частично погруженных в пробирки с водой. Растения для опытов имели одинаковый уровень освещенности за счет естественного дневного света (без доступа прямых солнечных лучей). Температура воды составляла  $22 \pm 1$  °С. Каждый день в пробирки доливалась вода соответствующих групп, чтобы не допустить пересыхания луковиц при испарении исследуемой воды. Все опыты проводили в трех повторностях.

Были определены количество корней и длина корневого пучка. После этого рассчитывали данные по опытам и проводили дальнейшую статистическую обработку результатов.

Данные, полученные в исследованиях, представлены в таблицах 1–3.

**Таблица 1 – Биотестирование воды источников водоснабжения г. Житомир на луке**

Группы	Количество, шт	Средние значения	Длина, мм
1	21,4 ±0,93		53,4 ±2,37
2	20,4 ±1,19		65,3 ±3,09
К	27 ±1,29		72,6 ±2,29

**Таблица 2 – Индекс токсичности для воды источников водоснабжения г. Житомир**

Группы	Количество корней, %	Длина, %
1	21	26
2	24	10

**Таблица 3 – Биотестирование подготовленной воды для питьевых потребностей г. Житомир**

Группы	Количество, шт	Средние значения	Длина, мм
1'	21,9±1,08		69,7±1,83
2'	21,3±1,4		71,3±2,05
К'	21,1±1,06		33,9±1,74

Нужно отметить, что для тестирования подготовленной воды для питьевых потребностей наиболее заметные различия между группами наблюдались по длине корневого пучка. При этом рост корневой системы в опытных группах проходил активнее, чем в контроле. Это было связано с тем, что в качестве контроля по существующей методике была взята дистиллированная вода.

Относительно источников водоснабжения нужно отметить, что ключевая вода (К) была значительно лучшего качества, чем вода опытных групп. В опытной группе 1 уже спустя сутки вода окрасилась в светло – коричневый цвет, и на дно выпал осадок из песка, что связано с его намывом поблизости водозабора. Кроме того, вместе с намывом песка со дна могут подниматься осевшие токсические вещества, возвращаясь таким образом с донной части в водную массу.

В опытной группе 2 вода приобрела спустя сутки зеленоватый оттенок, и на дне, и стенках лабораторной посуды образовался зеленый налет, который свидетельствует о значительном количестве органики.

Вышеуказанное объясняет лучшие результаты, полученные в контроле (ключевая бесцветная вода), чем в опытных пробах, так как контроль не содержит упомянутые компоненты воды, которые ухудшают ее качество. В контрольной группе получены наилучшие результаты по корнеобразованию у лукавиц, а также по показателям длины корневого пучка.

Относительно подготовленной воды для питьевых потребностей города показатели лука в опытных группах были более высокими, чем в контроле. Это можно объяснить тем, что дистиллят не содержит не только токсических веществ, но и полезных для растений минералов, органических соединений и др.

### **Заключение**

Для получения более адекватных результатов по данному опыту, на наш взгляд, необходимо в дальнейшем заменить дистиллированную воду на другую, которая была бы сопоставима с определенными показателями по токсичности водопроводной воды, то есть содержала бы необходимые питательные вещества, и в то же время не была бы загрязнена. Сравнение же с контролем показателей тест-организмов опытных групп указывает на нетоксичность питьевой воды по отношению к дистиллированной.

Вода источников водоснабжения также была определена нами как нетоксичная по отношению к ключевой воде, так как индекс ее токсичности не превысил 50%.

Поэтому, при оценке токсичности водной среды источников водоснабжения и подготовленной из них воды, следует найти оптимальный вариант, который позволил бы достаточно объективно оценивать токсичность воды.

Таким образом, использование лука как биотестора качества воды питьевого назначения является перспективным. Существует возможность использования его не только для определения острой токсичности, но и для более продолжительного хронического влияния. Биотест прост в проведении, не требует значительных затрат или сложного, дорогостоящего оборудования, в то же время неприхотливость лука позволяет его использовать в течение всего года без возможности получения недостоверных результатов или смертности всей популяции животных форм организмов при невозможности поддержания оптимальных условий их содержания.

### **Список литературы**

1. Штабський, Б.М. Ксенобіотики, гомеостаз і хімічна безпека людини: навчальний посібник / Б.М. Штабський, М.Р. Гжегоцький – Львів: Наутітус, 1999. – 308 с.
2. Голубець, М.А. Актуальні питання сучасної екології: навчальний посібник / М.А. Голубець. – К.: АСК, 2001. – 153 с.
3. Гончарук, Е.И. Общая гигиена: преподвѣтика гигиены: учебное пособие / Е.И. Гончарук, Ю.И. Кудриев, В.Г. Бардов, Г.И. Сидоренко, Г.И. Румянцев – К.: Вища школа, 2000. – 652 с.
4. Брагинский, Л.П. Биопродукционные аспекты водной токсикологии / Л.П. Брагинский // Гидробиологический журнал. – 1988. – № 3. – С. 78–83.
5. Мелехова, О.П. Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем: навчальні матеріали / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евстеева [и др.]. – К., 2002. – 55 с. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебное пособие. – М.: Академия, 2007. – 288 с.
7. Туманов, А.А. Водные безпозвоночные как аналитические индикаторы / А.А. Туманов, И.Е. Постнов // Гидробиология. – 1983. – Т 19. – № 5. – С. 3–16.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СБРОСНОЙ ПОДОГРЕТОЙ ВОДЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ КРЕВЕТОК

**Кулеш В.Ф.**

Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», г. Минск, Республика Беларусь, victor\_kulesh@tut.by

*Was approved that the fast-growing subtropical and tropical species of freshwater shrimp as monoculture and polyculture with fish in cages and ground ponds can be cultivated on relief heated water of power plants.*

### **Введение**

Традиционная аквакультура рыбы и нерыбных объектов наиболее эффективна для южных регионов, где она существенно прогрессирует в последние десятилетия. Ее интенсификация лимитируется здесь нехваткой земельных площадей и дефицитом воды. В сложившихся условиях большие потенциальные возможности заключаются в использовании сбросной подогретой воды энергетических объектов. Многолетние наблюдения показали, что водоемы-охладители ТЭС и АЭС вполне пригодны для ведения аквакультуры рыбы и десятиногих ракообразных [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Использование сбросной подогретой воды повшает при этом и коэффициент полезного действия низкопотенциального сбросного тепла энергетических объектов.

В качестве перспективных объектов культивирования, как в монокультуре, так и в прудовой поликультуре, с рыбой предлагаются пресноводные креветки, которые традиционно ценятся на мировом рынке как превосходный продукт питания и сырье для легкой и фармацевтической промышленности. Среди пресноводных креветок: тропический вид – гигантская пресноводная креветка (*Macrobrachium rosenbergii* (De Man)), субтропический вид – восточная речная креветка (*M. nipponense* (De Haan)), бореальный вид – сибирский шримс *Exopalaemon modestus* Heller (семейство Palaemonidae).

Высокий спрос на диетический пищевой продукт среди десятиногих ракообразных в сочетании с уменьшением численности их популяций вследствие загрязнения, разрушения мест обитаний, заболеваний и чрезмерной эксплуатации природных ресурсов вызвали необходимость разработки новых направлений в получении товарной продукции. В первую очередь это разработка перспективных способов аквакультуры. Оптимизация их культивирования относится к числу наиболее сложных и актуальных проблем как с точки зрения решения фундаментальных научных задач, так и чисто практического значения.

Как показали наши многолетние исследования [2, 3, 4, 5, 8] вода из экосистемы водоема-охладителя теплоэлектростанции по своим гидрохимическим показателям вполне пригодна для культивирования промысловых ракообразных как креветок, так и речных раков (табл. 1).

**Таблица 1** – Показатели качества воды при выращивании пресноводных креветок на теплой сбросной воде Березовской ГРЭС (1990–2010)

Показатели	Пластиковые лотки, Инкубационный цех	Земляные пруды
Площадь, м <sup>2</sup>	0,8–1,9	1000–4000
Глубина, м	0,2–0,2	0,8–1,2
Прозрачность, м	–	0,3–0,7
pH	7,5–8,9	6,9–9,2
Содержание O <sub>2</sub> , мг/л	5,9–8,0	3,6–9,9
Общая жесткость, мг.эquiv./л	0,8–4,9	1,0–5,3
Общее железо, мг.л	0,04–0,26	0,02–0,30
NH <sub>3</sub> , ион, мг/л	0,13–0,15	0,15–0,33
NH <sub>4</sub> , ион, мг/л	0,0–0,10	0,0–0,09
Окисляемость, мг O <sub>2</sub> /л	20,0–21,0	10,0–25,8
Щелочность, мг экв./л	3,6–3,9	3,0–4,1
БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /л	2,5–3,6	2,0–8,8
Хлориды, ион, мг/л	28,0–40,0	8,9–37,0
Фосфаты	0,1–0,4	0,1–0,35
Сульфаты, ион, мг/л	33,0–55,4	15,3–20,0
Кальций, мг/л	66,4–70,1	72,1–74,1

### Основная часть

Восточная речная креветка широко распространена в Юго-Восточной Азии, включая Японию, Корею, Китай, водоемы Индо-Китайского полуострова, а в последнее десятилетие Ирана и Ирака. Ее ареал был существенно расширен за счет успешной акклиматизации вначале в водоем-охладитель Березовской ГРЭС в 1982 г., а затем и в водоемы-охладители теплоэлектростанций России и Молдовы, где натурализовавшись, эта креветка стала полезным элементом фауны. Производство товарной продукции *M. nipponense* занимает 2-е место после гигантской пресноводной креветки и быстро растет. В основном это Китай, где в 1999 г. было произведено 15 000 т товарной креветки, а уже в 2001 г. – 120 000 т [3, 8, 12].

Гигантская пресноводная креветка является аборигенным видом во всей Южной и Юго-восточной азиатской области, так же как в северной Океании и в западных Тихоокеанских островах. Это основной объект мировой аквакультуры среди пресноводных креветок (ее производство оценивается более 200 тыс. тонн в год). Этот быстрорастущий вид был ввезен на все континенты и многие острова [8, 11].

Ареал сибирского шримса на азиатском континенте весьма обширен. На севере он доходит до сибирских рек, а на юге – до южной оконечности Китая и острова Тайвань, а также встречается в водоемах Дальнего Востока (водоемы бассейна Амура, Уссури), Кореи, Японии. В конце XX века (как полагают с балластными водами) сибирский шримс попал в западную часть Северной Америки, в реку Колумбию и водоемы ее бассейна. Эта креветка заняла одно из лидирующих мест в бентосном сообществе. Промысел *E. modestus* интенсивно ведется в естественных местообитаниях. В Китае это один из объектов аквакультуры [3, 9, 13].

Рост личинок. Начальный (личиный) этап жизненного цикла у пресноводных креветок является самым уязвимым. Он характеризуется максимальной

смертностью, которую вызывают болезни, хищники-планктофаги, низкое качество воды, резкое изменение факторов среды, недостаток корма. Нормальное развитие личинок протекает при хорошей обеспеченности пищей в довольно узких интервалах солености и температуры, которые имеют свою видоспецифику. Поэтому знание биологии этого этапа онтогене является залогом успеха при искусственном культивировании пресноводных креветок.

Период личиночного развития восточной речной креветки с «полусокращенным» типом личиночного развития (9 стадий зоеа) в течение вегетационного сезона на сбросной подогретой воде протекает успешно и длится 19–36 суток в зависимости от температуры. Для прохождения этого этапа онтогенеза в условиях тепловодного культивирования требуемая сумма эффективных температур составляет около 500 градусо-дней. Величина выживаемости личинок на естественной кормовой базе равняется 8,9–10,5%, при и выращивании в контролируемых условиях инкубатора в среднем 64,0%.

Личиночный период гигантской пресноводной креветки («типичный тип» развития личинок) в искусственных условиях (температура 28°C, соленость 12‰) продолжается от 29 до 77 суток при выживаемости в среднем 52,0%, что соответствует общепринятым стандартам искусственного культивирования личинок этого вида [3, 11]. Таким образом, на ранних этапах онтогенеза для личинок *M. nipponense* характерен более короткий личиночный цикл с высоким значением выживаемости личинок, чем для *M. rosenbergii*. Данная констатация позволяет сделать вывод, что основанная только на личиночной стадии, культура восточной речной креветки более эффективна.

В сравнительном аспекте с «типичным» и «полусокращенным» типами личиночного развития на сбросной воде теплоэлектростанции исследовано развитие и рост личинок *Echopalaemon modestus* с «сокращенным» периодом метаморфоза. Личиночный период для этого вида включает 2 стадии зоеа и длится всего 5–10 суток в зависимости от температуры. Причем личинки не потребляют экзогенный корм. Величина выживаемости составляет от 51 до 100%, что гораздо выше, чем для других видов креветок.

Послеличиночный рост. На основании исследования параметров роста и выживаемости впервые выявлено, что в условиях умеренной географической зоны тропическую гигантскую пресноводную креветку можно культивировать при осуществлении «стратегии прерывистой посадки», предусматривающей получение «посадочного материала» в искусственных условиях с последующим его товарным выращиванием на сбросной воде в течение одного вегетационного периода для получения товарной продукции в лотках, прудах или садках.

Результаты собственных экспериментальных исследований и литературные данные показывают, что в садковых и прудовых условиях, как для молодежи, так и половозрелых особей ростовые параметры и величина выживаемости не уступает общепринятым мировым стандартам аквакультуры [3, 10, 11, 12]. С учетом личиночного периода, на сбросной воде теплоэлектростанции, креветки этого вида достигают половозрелости в среднем за 4–5 месяцев и товарной массы ~ 20 г через 3–4 месяца после перехода в стадию послеличинки.

В таблице 2 приводятся параметры линейного роста молодежи гигантской пресноводной креветки в лотках (инкубационный цех, сбросная подогретая вода, температура 25–30°C) и товарное выращивание в тепловодных земляных прудах. Длина тела послеличинок гигантской пресноводной креветки за 2 месяца выращивания в пластиковых лотках до стадии «посадочный матери-



ал» составила в среднем 3,42 см, изменяясь в очень широком диапазоне от 1,9 и до 8,0 см. Величина выживаемости колебалась в пределах от 61,5 до 80,2% (в среднем 69,1%). Коэффициент вариации по сравнению с начальным показателем увеличился в 4 раза и составил 33,2% (таблица 2), что, вероятно, связано с высокой начальной плотностью посадки.

**Таблица 2 – Параметры длины тела гигантской пресноводной креветки в послеличиночный период онтогенеза при выращивании в пластиковых лотках и земляных прудах на сбросной воде Березовской ГРЭС**

Период роста, сутки	Длина тела, см			с.в. , %	Выживаемость, %	Число измерений
	средняя ± s.d.	минимальная	максимальная			
Пластиковые лотки, начальная плотность посадки 80–100 экз/м <sup>2</sup>						
0	1,09±0,09	0,70	1,28	8,0	100	379
61	3,42±1,13	1,90	8,00	33,2	69,1	249
Земляные пруды, начальная плотность посадки 20 экз/м <sup>2</sup>						
184	12,58±2,17	7,50	17,70	17,3	65,0	163

В отличие от гигантской пресноводной креветки весь жизненный цикл восточной речной креветки проходит при непрерывном культивировании на сбросной воде теплоэлектростанции. Возможны два варианта аквакультуры.

В первом варианте личинок получаем от яйценосных самок в садках и выращиваем до товарной массы. Быстрорастущие особи, происходящие от «ранних» личинок, уже через 2,5 месяца после отрождения приступают к размножению. Даже при снижении температуры в октябре – ноябре до 10–18°C они достигают средней товарной массы.

Во втором варианте яйценосные самки вселяются в земляные пруды в начале вегетационного сезона. Такой способ получения товарной продукции имеет ряд преимуществ: в пруды сразу высаживаются яйценосные самки; не требуется искусственно выращивать личинки, подращивать посадочный материал; подкармливать креветок, поскольку их выращивание производится в поликультуре с рыбой; срок получения товарной продукции на сбросной воде теплоэлектростанции составляет всего 4 месяца [7].

Проанализирована продуктивность восточной речной креветки в прудовой поликультуре с карпом, белым и пестрым толстолобиком, белым амуром. В поликультуре урожай креветок составляет от 31 до 225 кг/га.

Установлена взаимосвязь между массой пресноводных креветок (Y, кг/га) в конце вегетационного сезона в земляных прудах в поликультуре с рыбой с общей массой рыбы (X, кг/га), которая описывается логарифмическим уравнением:

$$Y = - 82,079 \ln X + 682,086, (R^2 = 0,796).$$

Независимо от способа культивирования (в аквариумах, тэнках, ваннах, и садках) при оптимальной температуре 27–28°C доминирующим биотическим фактором, определяющим рост и выживаемость креветок, является плотность. Для получения посадочного материала с высокими показателями массы тела и приемлемым уровнем выживаемости не рекомендуется начальную плотность посадки ювенильных особей восточной речной креветки в садках увеличивать более чем 100 экз./м<sup>2</sup>. Культивирование молоди гигантской пресноводной креветки от стадии «послеличинка» до 60 суток рекомендуется проводить при плотности, не превышающей 200 экз./м<sup>2</sup>. При дальнейшем выращивании до товарной массы 15–20 г оптимальной является плотность 5–20 экз./м<sup>2</sup>.

## Заключение

Гидрохимический анализ и результаты многолетних исследований ростовых потенциалов и выживаемости промысловых видов пресноводных креветок показывают, что сбросная подогретая вода теплоэлектростанции вполне пригодна для интенсификации их аквакультуры. При этом увеличивается коэффициент полезного действия низкопотенциального сбросного тепла энергетических объектов.

Культивирование гигантской тропической креветки более трудоемко с осуществлением стратегии «прерывистой посадки», но за один вегетационный период можно получить товарных особей со средней массой 25–30 г. Субтропический вид – восточная речная креветка пригодна для непрерывного культивирования в течение всего жизненного цикла на сбросной воде ТЭС, в том числе и в поликультуре с рыбой, но ее средняя товарная масса составляет всего 3–5 г.

Сибирский шримс в дополнение к восточной речной креветке – наиболее перспективный для акклиматизации в низкопродуктивные водоемы-охладители. В аквакультуре он также имеет преимущества, поскольку личиночное развитие сокращено, выживаемость личинок очень высока, не требуется трудоемких биотехнических мероприятий на поддержание многодневной личиночной культуры и затрат на стартовые корма.

## Список литературы

1. Кончиц, В.В. Растительноядные рыбы как основа интенсификации рыбоводства Беларуси / В. В. Кончиц. – Минск: Белорусское издательское Товарищество «Хата», 1999. – 272 с.

2. Кулеш, В.Ф. Рост и выживаемость личинок пресноводной креветки *Echopalaemon modestus* (Heller) на сбросной воде теплоэлектростанции / В.Ф. Кулеш. // Докл. НАН Беларуси. – 2009. – Т. 53, № 4. – С. 82–87.

3. Кулеш, В.Ф. Биология культивирования промысловых видов пресноводных креветок и речных раков на теплых водах / В.Ф. Кулеш. – Москва: Новое знание, 2012. – 328 с.

4. Кулеш, В.Ф. Выращивание молоди длиннопалого рака (*Astacus leptodactylus*) в садках и прудах в поликультуре с рыбой на подогретых сбросных водах теплоэлектростанции / В.Ф. Кулеш, А.В. Алехнович // Гидробиол. ж.– 2010. – Т. 46, № 1. – С. 47–61.

5. Кулеш, В.Ф. Первый опыт содержания яйценосных самок и получения личинок широкопалого рака на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции / В.Ф. Кулеш, А.В. Алехнович, В.И. Кожух, Ю.Н. Мелех, И.Д. Михович // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2011. – № 4. – С. 59–63.

6. Протасов, А.А. К определению воздействия тепловых и атомных электростанций на гидроекосистемы с помощью экспертных оценок / А.А. Протасов, Б. Здановски // Гидробиол. ж. – 2002. – Т. 38, № 1. – С. 95–105.

7. Способ выращивания товарной пресноводной креветки *Macrobrachium nipponense* (De Naan) в умеренной климатической зоне: пат. 11303 Респ. Беларусь, МПК, 2006, А01К 61/00 / В.Ф. Кулеш, А.В. Алехнович; заявители Бел. гос. пед. ун-т. им. Максима Танка, Гос. научн.–произв. объединение «Научно-практ. центр НАН Беларуси по биоресурсам–№а20060650; заявл. 06.30.06; опубл. 05.08.08 // Официальный бюллетень/ Изобретения. Полезные модели. Промышленные образцы. – 2008. – № 5. – С. 44.

8. Хмелева, Н.Н. Экология пресноводных креветок / Н.Н. Хмелева, В.Ф. Кулеш, А.В. Алехнович, Ю.Г. Гигиняк. – Минск: Беларуская навука, 1997. – 254 с.

9. Hu, T.J. Pond rearing on *Exopalaemon modestus* / T.J. Hu, T.Y. Ye, Z.M. Zhang, X.K. Wei, Z.K. Xu // Scientific Fish Farming. – 2002. – No 2. – P. 31.
10. Khmeleva, N.N. Growth potentialities of the giant tropical prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man), in waste-heat discharge waters of a thermoelectric power station / N.N. Khmeleva, V.F. Kulesh, Y.G. Guiguiniak // Aquaculture. – 1989. – Vol. 81. – P. 111–117.
11. New, M.B. Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) / M.B. New. – Rome: FAO, Fisheries techn. pap. food and agriculture organization of the united nations, 2002. – No 428. – 212 p.
12. New, M.B. Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future / M.B. New // Aquacult. Res. – 2005. – Vol. 36. – P. 210–230.
13. Zeug, S. Introduced palaemonid shrimp invades the Yolo Bypass floodplain / S. Zeug, G. O'Leary, T. Sommer, B. Harrell // IEP Newsletter. – 2002. – Vol. 15. – No 1. – P. 13–15.

УДК 614.777 (477.81)

## **ФОРМИРОВАНИЕ РИСКОВ И ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ НАСЕЛЕНИЯ РОВЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ**

**Лихо Е.А., Гакало О.И.**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования,  
г. Ровно, Украина, ессолен@mail.ru

*We proposed a method of evaluation of the level of risks arising from the water supply of the population from the centralized and decentralized water sources. We did the substantiation of the monitoring of water supply of Rivne region. Taking under control the risks, arising from the consumption of the water, which quality does not meet the regulatory requirements based on the results of monitoring and involves study on removal of specific risk factors.*

### **Введение**

Анализ современного состояния водохозяйственной отрасли во многих регионах Украины позволяет утверждать, что водно-экологические проблемы имеют масштабный характер и сохраняют актуальность. В последние годы в Украине отмечается резкое ухудшение состояния основных источников питьевого водоснабжения. Кроме этого, остается неудовлетворительным техническое состояние всего комплекса сооружений, устройств и трубопроводов для забора, подготовки, хранения и подачи к потребителям питьевой воды, что значительно усложняет ситуацию. Обеспечение населения Украины питьевой водой, качество которой должно соответствовать нормативным требованиям, является многогранной проблемой и относится к наиболее социально значимым, поскольку непосредственно влияет на состояние здоровья населения и определяет степень экологической безопасности целых регионов страны [1].

Высокий уровень техногенной нагрузки на водные объекты и устаревшие технологии водоподготовки не позволяют обеспечить население водой гарантированного качества, в результате чего она может превратиться в источник поступления в организм человека вредных химических веществ, обладающих общим токсическим, мутагенным и канцерогенным действием.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), питьевая вода является вторым, после бедности, фактором риска ухудшения состояния здоровья населения, что обуславливает высокую актуальность исследований в этой области. Оценка риска является важным аналитическим инструментом, с помощью которого можно выявить факторы, представляющие угрозу для здоровья человека, определить их масштабы и на этой базе установить основные направления деятельности, направленной на минимизацию риска [2, 3, 4].

Проблемы, связанные с водоснабжением населения актуальны и для Ровенской области. Решить их можно только максимально учитывая специфику природных условий и все аспекты влияния техногенных факторов, вносящих свою лепту в формирование качества подземных вод, являющихся основным источником питьевой воды.

### **Основная часть**

Ровенская область находится в северо-западной части Украины, в пределах Западно-Полесского региона и охватывает восточные части Волынского Полесья, Волынской возвышенности, Малого Полесья и западную окраину Центрального (Житомирского) Полесья.

Местоположение области на границе Восточноевропейской платформы и Карпатской геосинклинальной области обусловило специфику геологической истории, что проявляется в неоднородности тектонической структуры и формировании довольно сложного комплекса геологических отложений на большей части области. С учетом гидрогеологических особенностей Ровенская область находится в пределах Волыно-Подольского, Припятского артезианских бассейнов и Украинского кристаллического массива [5].

Ровенская область имеет значительные ресурсы подземных вод, которые могут использоваться в качестве источников питьевого водоснабжения. Обеспечение питьевой воды населения Ровенской области осуществляется из подземных горизонтов артезианскими скважинами систем централизованного и децентрализованного водоснабжения. Общие прогнозные запасы подземных вод в области оцениваются в 5579,9 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Главным источником водоснабжения в сельской местности, где в основном используются шахтные колодцы, являются не напорные горизонты грунтовых вод, приуроченные к четвертичным отложениям, которые распространены почти на всей территории области. Для них характерна невысокая водонасыщенность и слабая защищенность от загрязнений, что обусловлено их неглубоким залеганием. Централизованное водоснабжение населения области осуществляется напорными межпластовыми водами, которые приурочены к отложениям девона, каниловской и волынской серий венда и полесской серии рифея, с использованием артезианских скважин.

В Ровенской области централизованным питьевым водоснабжением охвачено 170 (68,5 %) из 248 сельских населенных пунктов. Высокий уровень централизованного обеспечения водой отмечен в Ровенском (37 населенных пунктов), Млыновском (26), Гощанском (23), Радывиловском (22), Березновском (20), Костопольском (16), Демидовском (13) районах. Численность сельского населения области составляет 601,4 тыс. человек, из них централизованным питьевым водоснабжением обеспечено 89,36 тыс. человек (14,6 %) [6, 7].

Среди факторов, имеющих непосредственное влияние на формирование качества питьевой воды в области, не последнюю роль играет неудовлетворительное техническое состояние систем водоснабжения и водоотведения. Так, например из 377,7 км коммунальных водопроводных сетей г. Ровно 160 км уста-

рели и требуют капитального ремонта. Вследствие изношенности коммуникаций, оборудования и сооружений очистных станций возросло количество аварийных ситуаций на канализационных системах населенных пунктов области, что приводит к сбросу в водные объекты неочищенных сточных вод [7, 8].

Установлено, что формирование качества питьевых вод для населения Ровенской области происходит также под влиянием сельскохозяйственной деятельности и техногенных объектов, к которым относятся свалки, полигоны твердых бытовых отходов (наиболее вредными являются тяжелые металлы, нефтепродукты и непригодные к применению пестициды), экологически опасные объекты. Превышение допустимого содержания пестицидов в почве зафиксировано в местах их применения, а также в пределах санитарно-защитных зон мест хранения непригодных и запрещенных к использованию пестицидов. Содержание пестицидов в почвах выше максимально допустимого уровня наблюдается в Березновском, Гоцанском, Дубенском, Здолбуновском, Млыновском, Костопольском, Радивилловском, Ровенском и Сарненском районах.

Наиболее высокий уровень техногенной нагрузки наблюдается в южных районах области, для которых характерна также низкая лесистость и слабая способность к самоочищению подземных вод.

Всего на территории области насчитывается более 800 предприятий, учреждений и организаций, производственная деятельность которых связана с образованием промышленных и бытовых отходов. На территории области находится 36 экологически опасных объектов общегосударственного и областного значения, а также 474 потенциально опасных объекта, перечень которых был утвержден решением постоянной комиссии по вопросам техногенно-экологической безопасности и чрезвычайных ситуаций в Ровенской области от 30.12.2008 года.

В связи с создавшейся ситуацией в области чрезвычайно актуальным является идентификация факторов риска, возникающих при обеспечении населения водой из разных источников водоснабжения, с обоснованием мероприятий по их устранению.

Методика оценки экологических рисков, разработанная Е.А. Лихо, О.И. Гакало, предусматривает расчет индекса уровня риска с учетом показателей, характеризующих состояние обеспечения населения водой из централизованных и децентрализованных источников водоснабжения. Показатели объединены в блоки: «природные условия формирования качества воды»; «техническое состояние систем водоснабжения» (соблюдение эксплуатационных требований); «показатели качества воды» (актуальные в условиях Ровенской области) [9].

Показатели блока «природные условия формирования качества воды» определяются величиной коэффициента фильтрации пород зоны активного водообмена [10]. Водоносные горизонты, используемые для централизованного водоснабжения на территории Ровенской области, по условиям формирования являются абсолютно защищенными от вероятного загрязнения. Водоносный горизонт в четвертичных отложениях, используемый для децентрализованного водоснабжения, характеризуется слабой защищенностью от загрязнения.

Одним из важнейших факторов, которые определяют качество воды из централизованных источников, является техническое состояние систем водоснабжения и соблюдение эксплуатационных требований. Однако значительная часть систем водоснабжения по этим позициям не отвечает требованиям безопасности воды. В связи с этим состояние систем водоснабжения классифицируется по микробиологическим показателям качества воды в виде общей шкалы безопасности воды, согласно Руководству по контролю качества питьевой воды ВОЗ [11].

**Таблица 1 – Классификация систем питьевого водоснабжения по показателям выполнения эксплуатационных требований и целей безопасности**

№ п/п	Качество системы водоснабжения	Несоответствие проб питьевой воды за E.coli, %		
		Численность населения		
		< 5 000	5 000–100 000	> 100 000
1.	Очень хорошая	10	5	1
2.	Хорошая	20	10	5
3.	Удовлетворительная	30	15	10
4.	Плохая	40	20	15
5.	Очень плохая	> 40	> 20	> 15

Концепция «управления рисками» базируется на представлении о необходимости и возможности управления факторами, которые могут создать угрозу здоровью населения. Классический цикл «управление рисками» включает ряд взаимосвязанных этапов:

- идентификацию рисков, т.е. анализ условий водоснабжения;
- характеристику и оценку каждого из рисков;
- разработку мер по устранению или минимизации рисков;
- внедрение мероприятий по минимизации рисков, включающих обоснование и обеспечение координации работ по устранению конкретных факторов риска;
- формирования у населения культуры водопотребления;
- оценку принятых мер и дальнейшую (при необходимости) идентификацию новых, ранее не выявленных рисков [12, 13, 14].

Анализ фондовых материалов и результатов наших исследований позволил установить несоответствие качества воды в административных районах Ровенской области нормативным требованиям по содержанию железа, нитратов, общей жесткости, щелочности и микробиологическим показателям. В условиях области фтор, магний и йод являются эндемиками, которые в свою очередь обеспечивают физиологическую полноценность питьевой воды и определяют соответствие ее минерального состава биологическим потребностям организма. Их недостаток может привести к возникновению флюороза, заболевания щитовидной железы и зубов. В ходе исследования установлена зависимость между вышеуказанными показателями качества питьевой воды и болезнями, которые они могут вызывать.

Обоснование факторов, способствующих формированию рисков, при обеспечении населения Ровенской области водой из централизованных и децентрализованных источников водоснабжения, базируется на полученных нами результатах. Установлено, что наиболее серьезный риск ухудшения состояния здоровья населения области, связанное с потреблением питьевой воды, обуславливается микробиологическим загрязнением, повышенным содержанием нитратов, железа и низким содержанием йода, фтора и магния.

Согласно предложенной нами методике оценки рисков, возникающих при обеспечении населения водой из централизованных и децентрализованных источников водоснабжения, экологический мониторинг питьевого водоснабжения населения должен, прежде всего, предусматривать достижение целей, ориентированных на здоровье населения.

Установлено, что для централизованного водоснабжения основными рисками являются:

- несоответствие их санитарно-технического состояния санитарным нормам и правилам [15] из-за отсутствия санитарно-защитных зон, комплекса очистных сооружений и обеззараживающих установок;

- несоответствие качества питьевой воды нормативным требованиям [10, 16] по содержанию железа, фтора, йода, магния, а также общей жесткости и щелочности.

Для децентрализованного водоснабжения – это:

- несоответствие мест расположения и обустройства общественных и частных колодцев санитарным нормам и правилам эксплуатации [16, 17], связанное с их размещением в непосредственной близости от туалетов, выгребных ям, канализационных сетей, мест содержания скота, старых заброшенных колодцев, отсутствия вокруг колодца «замка»;

- несоответствие качества питьевой воды нормативным требованиям [16, 17] по микробиологическим показателям, содержанию нитратов, фтора, йода, магния, железа, а также общей жесткости и щелочности.

Государственный мониторинг вод, который является составляющей частью государственной системы мониторинга окружающей природной среды Украины, реализуется для обеспечения информацией о состоянии вод, прогнозирования их изменений и разработки научно обоснованных рекомендаций по рациональному использованию и охране водных ресурсов.

Государственный мониторинг подземных вод и источников реализуется в соответствии с Порядком осуществления государственного мониторинга вод, утвержденным постановлением Кабинета Министров Украины № 815 от 20.07.1996 г.

Положения мониторинга водоснабжения в Украине детально разработаны, однако, по нашему мнению, необходимо учитывать также специфику областей, уделяя особое внимание наблюдениям и контролю за наиболее важными факторами, влияющими на качество питьевой воды в том или другом регионе. Так, в условиях Ровенской области к приоритетным загрязняющим веществам, включенным в перечень загрязняющих веществ по классам приоритетности в Глобальной системе мониторинга окружающей среды и наблюдений за качеством питьевой воды, относятся нитраты, нитриты, фториды и тяжелые металлы. Учитывая, что обеспечение населения области питьевой водой осуществляется из подземных горизонтов, особенно актуальным является осуществление мониторинга подземных вод [2]. Структура мониторинга водоснабжения в Ровенской области представлено на рисунке 1.

### **Заключение**

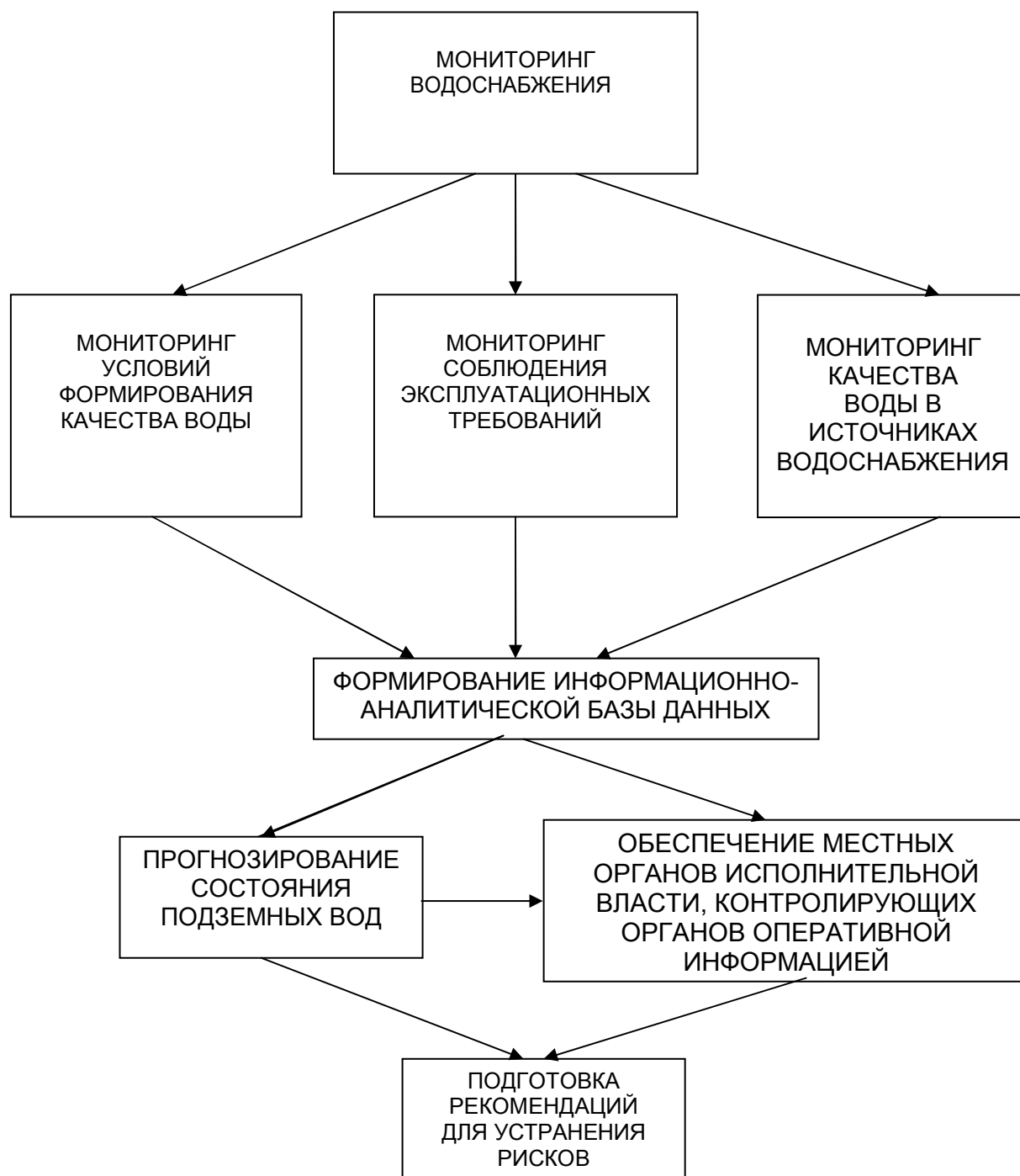
По результатам оценки уровня экологического риска установлено, что в административных районах области уровень риска может быть достаточно высоким. Наиболее высокий уровень риска при обеспечении населения водой из централизованных и децентрализованных источников водоснабжения зафиксирован в Демидовском, Костопольском районах и в г. Ровно. Установлено, что более высокая вероятность возникновения риска при обеспечении населения водой из децентрализованных источников водоснабжения связана прежде всего со слабой защищенностью водоносных горизонтов, используемых для децентрализованного водоснабжения, незначительной глубиной колодцев, несоответствием мест их расположения и обустройства, санитарными нормами, а также интенсивным ведением сельского хозяйства.

Управление рисками, возникающими в результате потребления воды, качество которой не соответствует нормативным требованиям, базируется на результатах мониторинга и включает обоснование и осуществление работ по устранению конкретных факторов риска.

Системный подход к оценке рисков питьевого водоснабжения и управления ими обуславливает большую объективность результатов оценки. Он преду-

считывает проведение систематической оценки рисков на всех этапах водоснабжения – от забора воды из источника – до поступления потребителю. В зависимости от уровня риска, возникающего при обеспечении населения водой из централизованных и децентрализованных источников водоснабжения в административных районах области, они отнесены к одной из трех групп риска. В соответствии с чем и разработаны рекомендации по оптимизации обеспечения населения Ровенской области водой в административных районах области.

Внедрение мероприятий по снижению уровня рисков, возникающих при обеспечении населения Ровенской области водой, необходимо реализовывать на уровне областных и районных санитарно-эпидемиологических станций и органов местной исполнительной власти.



**Рисунок 1** – Структура мониторинга водоснабжения в Ровенской области



## Список літератури

1. Семчук, Г. Водопровідно-каналізаційне господарство чекає реформ. // СЕС профілактична медицина: науково-виробниче видання. – Київ, 2006. – № 4. – С. 18–21.
2. Положення про державний моніторинг навколишнього природного середовища № 785: затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 23 вересня 1993 р. – К., 1993. – 9 с.
3. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
4. Павлов, С.Б. Экологический риск для здоровья населения / С.Б. Павлов, Г.Б. Павлова // Довкілля та здоров'я. – Київ, 2005. – № 4. – С. 69–73.
5. Коротун, І.М. Географія Рівненської області / І.М. Коротун, Л.К. Коротун. – Рівне, 1996. – 268 с.
6. Статистичний збірник «Робота комунального господарства області». – Рівне, 2006. – 96 с.
7. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2006 р. / За ред. П.Д. Колодича, О.М. Горковлюка – Рівне, 2007 – 216 с.
8. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2007 р. / За ред. П.Д. Колодича, О.М. Горковлюка – Рівне, 2008 – 200 с.
9. Ліхо, О.А. Методичні рекомендації з розрахунку індексу півня ризику, що виникає при забезпеченні населення питною водою / О.А. Ліхо, О.І. Гакало, І.В. Гуцук – Рівне: ТМ «Доцент», 2009. – 30 с.
10. Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання: ДСПіН 136/1940 № 383 від 23.12.1996 р.
11. Руководство по обеспечению качества питьевой воды // Всемирная организация здравоохранения. – [3-е изд.]. – Женева, 2004. – Т. 1. – 121 с.
12. Звиняцковский, Я.И. Факторы риска и здоровье населения, проживающего в различных условиях окружающей среды / Я.И. Звиняцковский, Я.И. Бердник // Довкілля та здоров'я. – Київ, 1996. – № 1. – С. 8–11.
13. Пирожков, С.І. Концепція ризику та екологічна безпека / С.І. Пирожков // Довкілля та здоров'я. – Київ, 1996. – № 1. – С. 12–15.
14. Марієвський, В. Концепція Управління ризиками / В. Марієвський // СЕС профілактична медицина: науково-виробниче видання / Відп. ред. С.П. Березнов. – Київ, 2006. – № 4. – С. 34–37.
15. Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів: Постанова Кабінету Міністрів України від 18.12.1998 р.
16. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСПіН 2.2.4–171–10.
17. Влаштування та утримання колодязів і каптажів джерел, що використовуються для децентралізованого господарсько-питного водопостачання: ДСПіН № 384 від 23.12.1996 р.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСАДКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

**Лицкевич А.Н., Гулькович М.В.**

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест,  
Республика Беларусь, dpp@tut.by

*Analysis of composition of sludge industrial wastewater was done in order to develop methods of their application as a soil-additives.*

### **Введение**

Переработка сельскохозяйственной продукции не только для Беларуси, но и для любой страны в современных условиях приобретает стратегическое значение, так как этим ее определяется продовольственная безопасность. Нарращивание производства сельхозпродукции, ее переработка и выпуск продовольственных товаров значительно увеличат потребление водных ресурсов, и соответственно возрастут объемы сточных вод на предприятиях пищевой промышленности.

Производственные сточные воды характеризуются наличием загрязнений минерального, органического и бактериального происхождения. К минеральным загрязнениям относятся: песок, глинистые частицы, частицы руды, шлака, растворенные в воде соли, кислоты, щелочи и другие вещества.

Органические загрязнения бывают растительного и животного происхождения. Основные химические элементы, входящие в состав этих загрязнений, – углерод и азот. К бактериальным загрязнениям относятся живые микроорганизмы – дрожжевые и плесневые грибки и различные бактерии.

Поскольку количество осадков сточных вод (ОСВ) постоянно растет, вместе с этим обостряются проблемы, связанные с их рациональной, экономически эффективной и экологически безопасной утилизацией. Одним из способов утилизации ОСВ является его использование в качестве органоминерального удобрения, при этом одновременно решается ряд задач: исключается необходимость хранения (захоронения), повышаются плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур, не загрязняется окружающая природная среда.

Нормативно-правовая база постоянно совершенствуется на основании результатов комплексных научных, экологических и химических исследований для соблюдения экологических условий использования осадков в качестве вторичных сырьевых ресурсов.

Такие исследования имеют большое научное и практическое значение при выборе способов использования осадков в качестве недорогого источника органических и минеральных компонентов, для использования в земледелии и зеленом строительстве.

Основной целью данной работы является разработка способов использования осадков производственных сточных вод в качестве почвоулучшающих добавок.

## **Материалы и методы**

Объектом исследования является осадок производственных сточных вод СП «Санта Бремор» ООО.

Анализ образцов отходов выполнялся по стандартным методикам выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь.

Качественный состав исследуемых проб анализировался по следующим основным показателям: относительная влажность, органическое вещество, общий азот, подвижный фосфор, калий и содержание тяжелых металлов.

## **Результаты и обсуждения**

Осадки образуются при обработке практически любых сточных вод. Обработка осадков является одной из наиболее технологически сложных и самой дорогостоящей частью очистных комплексов.

Осадки сточных вод, скапливающиеся на очистных сооружениях, представляют собой водные суспензии с объемной концентрацией полидисперсной твердой фазы от 0,5 до 10%. Поэтому прежде чем направить осадки сточных вод на ликвидацию или утилизацию, их подвергают предварительной обработке для получения шлама, свойства которого обеспечивают возможность его утилизации или ликвидации с наименьшими затратами энергии и загрязнениями окружающей среды.

Технологический цикл обработки осадков сточных вод, представленный на схеме, включает в себя все виды обработки, ликвидации и утилизации (рисунки 1).

Стабилизация, как неотъемлемый этап подготовки осадков, используется для разрушения биологически разлагаемой части органического вещества, что предотвращает загнивание осадков при длительном хранении на открытом воздухе (сушка на иловых площадках, использование в качестве сельскохозяйственных удобрений). Стабилизация может осуществляться как в анаэробных условиях путем сбраживания осадков в метантенках, так и в аэробных условиях путем аэрирования осадков в стабилизаторах.

Анаэробное сбраживание органических осадков производственных сточных вод производится для шламов, сырых осадков, избыточного активного ила или их смеси. Сброженный осадок направляется на иловые площадки или подвергается механическому обезвоживанию. В процессе метанового анаэробного сбраживания одним из основных продуктов распада органических веществ осадка является метан.

Технико-экономическое сравнение анаэробного сбраживания и аэробной стабилизации осадков показывает, что аэробная стабилизация экономически предпочтительна для станции пропускной способностью до 50 тыс. м<sup>3</sup>/сутки сточных вод. При пропускной способности 50 – 100 тыс. м<sup>3</sup>/сутки оба метода равноценны, а при более 100 тыс. м<sup>3</sup>/сутки – экономически целесообразно анаэробное сбраживание осадков.

СНиП П-32-74 рекомендует применять аэробную стабилизацию избыточного активного ила либо смеси его с сырым осадком из первичных отстойников. Продолжительность обработки в стабилизаторе неуплотненного избыточного активного ила 7–10 суток; распад беззольного вещества 20–30%; удель-

ный расход воздуха  $1 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \text{ ч})$ . Для смеси сырого осадка и ила продолжительность пребывания в стабилизаторе 10–12 суток; распад беззольного вещества 30–40%; удельный расход воздуха  $1,2–1,5 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \text{ ч})$ .



**Рисунок 1** – Технологический цикл обработки осадков сточных вод

Следующим этапом подготовки осадка является стадия биохимического или биотермического обеззараживания (компостирования), включающего ряд биохимических процессов, при которых органическая часть осадков преобразуется в стабильный гумусоподобный продукт. Процессу компостирования предшествует сбраживание осадков сточных вод в двух режимах – анаэробном и аэробном – в двух специальных камерах – азротенках или метантенках. Такая предварительная обработка позволяет гомогенизировать продукт, сохранить все питательные вещества, полезную живую микрофлору. При компостировании активированная микрофлора, особенно грибы и актиномицеты, выступают активными антагонистами патогенной микрофлоры, а при внесении компоста в почву повышают ее биогенность.

Обезвоженный осадок производственных сточных вод СП «Санта Бремор» ООО, согласно классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь, относится к категории «прочие отходы производства пищевых продуктов, не вошедшие в группу I А».

Для оценки возможности использования осадков сточных вод СП «Санта Бремор» ООО в качестве органического удобрения проводится микробиологическая характеристика условно-патогенных микроорганизмов сем. *Enterobacteriaceae* (таблица 1).

**Таблица 1 – Видовая структура сем. *Enterobacteriaceae* в осадках сточных вод СП «Санта Бремор» ООО**

Серия исследований	Влажность, %	Виды сем. <i>Enterobacteriaceae</i>	Количество, КОЕ/г
Обезвоженный осадок	68,3	<i>E. coli</i>	$1 \times 10^5$
		<i>Kl. pneumoniae s. pneumoniae</i>	$1 \times 10^4$
		<i>Citr. freundii</i>	$1 \times 10^2$
		<i>Ent. cloacae</i>	$1 \times 10^2$

Установлено постоянство видового состава сем. *Enterobacteriaceae* в образцах ОСВ СП «Санта Бремор» ООО, что может свидетельствовать о неизменности технологических процессов производства.

Данные об основном составе осадков сточных вод СП «Санта Бремор» ООО представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Основной состав обезвоженного флотошлама очистных сооружений СП «Санта Бремор» ООО**

№ п/п	Показатель	Содержание
1	рН	6,8
2	Влажность, %	67,5
3	Сухое вещество, %	32,5
4	Органическое вещество, %	63,3
5	Сырой протеин, %	12,2
6	Сырой жир, %	38,8
7	Сырая клетчатка, %	2,1

Исходя из показателей основного состава, можно сделать заключение о высокой доле органики в осадке, что является ценным компонентом удобрений, поскольку органическое вещество образует из частиц почвы агрегаты, между которыми остаются большие поры, через которые воздух может проникать к корням, а излишки воды – испаряться. При недостатке органических веществ почвенные агрегаты теряют свою прочность и распадаются. Почва становится более плотной, доступ воздуха прекращается, и в результате рост корней происходит аномально. Песчаные и пылеватые почвы в наибольшей степени подвергнуты таким структурным изменениям. Внесение органических удобрений в такие почвы улучшает их качество, в результате чего полученный урожай будет выше, чем при внесении оптимального количества обычных удобрений, но без добавления органики.

Высокое содержание сухого вещества позволяет транспортировать осадок с помощью неспециализированного транспорта, что значительно снижает транспортные расходы на его перемещение.

Содержание химических веществ в составе осадков сточных вод СП «Санта Бремор» ООО представлено в таблице 3.

**Таблица 3 – Содержание химических веществ в составе осадков сточных вод СП «Санта Бремор» ООО**

№	Показатель	Содержание	
		апрель	июль
1	рН	6,8	6,8
2	ХПК, мг/кг	-	3390
3	БПК <sub>5</sub> , мг/кг	-	290
4	Нитраты, мг/кг	-	4,55
5	Фосфаты, мг/кг	8966	6890
6	Хлориды, мг/кг	-	5740
7	Калий, мг/кг	-	88,4
8	<b>Общий азот, %</b>	<b>4,32</b>	<b>3,78</b>

Исходя из данных таблицы 3, можно сделать вывод о высоком содержании соединений азота, фосфора и калия, которые являются активными веществами в составе различных удобрений. Высокое содержание хлоридов негативно сказывается на качестве осадка сточных вод СП «Санта Бремор» ООО. Наличие его объясняется технологическим процессом в переработке рыбы и получении пресервов.

Для оценки показателя биологической диссимилиации выполнены определения показателей ХПК и БПК<sub>5</sub> в водных экстрактах из осадков сточных вод СП «Санта Бремор» ООО.

Величина биологической диссимилиации нормируется Инструкцией № 2.1.7.11-12-42-2004 и характеризует степень опасности компонента. Для определения коэффициента степени опасности компонента отхода по каждому компоненту устанавливаются степени их опасности (таблица 4).

**Таблица 4 – Степени опасности компонента отхода**

Первичные показатели опасности компонента отхода	Степень опасности компонента отхода для окружающей природной среды			
	1	2	3	4
БД = БПК <sub>5</sub> / ХПК	< 0,1	0,01 - 1,0	1,0 - 10	> 10

Проанализировав полученные результаты таблицы 5, можно сделать вывод о низкой степени опасности осадка для окружающей среды, в связи с низким показателем биологической диссимилиации < 0,1.

Лимитирующим фактором широкого использования осадков сточных вод в качестве удобрения выступает наличие в их составе тяжелых металлов.

В таблице 5 приведены результаты исследований на содержание тяжелых металлов в составе осадка производственных сточных вод локальных очистных сооружений СП «Санта Бремор» ООО.

**Таблица 5 – Содержание тяжелых металлов в составе осадка производственных сточных вод локальных очистных сооружений СП «Санта Бремор» ООО**

Элемент	Концентрация элемента на абсолютно сухую массу, мг/кг	
	ПДК в почве	Содержание в осадке
Свинец, Pb	5,0	16,87
Кадмий, Cd	–	0,64
Медь, Cu	3,0	3,99
Марганец, Mn	100,0	77,51
Цинк, Zn	23,0	34,18
Железо, Fe	–	91,4
Никель, Ni	4,0	4,63
Кобальт, Co	5,0	4,87
Хром, Cr	6,0	6,87

Как видно из таблицы 5, содержание тяжелых металлов в некоторых случаях превышает нормы ПДК для почв (ГН 2.1.7.12-1-2004), но превышение данных величин незначительно.

Применение таких осадков без дополнительной обработки может привести к дополнительному загрязнению почв, что является причиной ограничения в использовании осадка производственных сточных вод локальных очистных сооружений СП «Санта Бремор» ООО для прямого внесения при выращивании сельскохозяйственных культур.

Содержание подвижных форм кадмия и железа в почве не нормируется, что не позволяет корректно оценить степень их содержания. Норматив ОДК никеля колеблется от 20-80 в зависимости от кислотности почвы.

### **Список литературы**

1. Гавриленков, А.М. Экологическая безопасность пищевых производств / А.М. Гавриленков, С.С. Зарцина, С.Б. Зуева. – СПб.: Гиорд, 2006. – 272 с.
2. Туренков, Н.И. Технология применения осадка городских сточных вод и компостов из твердых бытовых отходов в качестве органических удобрений В БССР (рекомендации) / Туренков Н.И., Жигарев П.Ф., Зуева Л.И. [и др.]. – Минск:, 1988. – 28 с.
3. Яромский, В.Н. Очистка сточных вод пищевых и перерабатывающих предприятий / В.Н. Яромский. – Минск: Издательский центр БГУ, 2009. – 171 с.
4. Гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве. – Минск, 2004. – 26 с.
5. Агрехимический справочник по применению удобрений: уч. пособие для слушателей ФПК, студентов агрономических и агроэкологических факультетов / Сост. В.В. Лапа, А.Р. Цыганов, Н.Н. Ивахненко, Г.В. Василюк, И.Р. Вильдфлуш, Т.П. Шапшеева. – Горки, 2002. – 51 с.

## **ЭРОЗИОННО-БЕЗОПАСНЫЕ ПОЛИВНЫЕ НОРМЫ ПРИ ПРЕРЫВИСТОМ ДОЖДЕВАНИИ НАДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ**

**Лукашевич В.М.**

Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь lukashevich\_vikt@mail.ru

*As a result of performed experiments, were found the values of allowable intensity intermittent irrigation soddy-podzolic loamy soils with a frequency of rotation of the staff of 0,7 rpm that can be used for the selection of appropriate irrigation systems under conditions listed above.*

*Also set the values of allowable irrigation depth and time of sprinkler irrigation for дальнеструйной machine Bauer Rainstar T-61, which is not formed by surface runoff.*

### **Введение**

Выявление причин, приводящих к нарушению экологической устойчивости орошаемых агроландшафтов и разработка мероприятий по снижению их воздействия, является наиболее актуальной задачей в современных экологических условиях. При поливе дождеванием ирригационная эрозия почв возникает вследствие подачи воды с интенсивностью, превышающей ее впитывающую способность. На почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава скорость инфильтрации поливной воды в основном меньше значения характеристик интенсивности искусственного дождя современных дождевальными машин и установок.

Основными элементами противоэрозионной техники полива дождеванием являются максимальная установившаяся скорость безнапорного впитывания (допустимая интенсивность), которая зависит от влажности и гранулометрического состава почвы, растительного покрова, состояния поверхности почвы и ее уклона, а также структуры искусственного дождя и физико-механических характеристик поливной жидкости и т.д. [1, 2].

Это и потребовало проведения исследований по определению допустимых параметров искусственного дождя в зависимости от впитывающей способности почвы, которая оценивалась по продолжительности полива до стока. Одновременно с этим потребовалось определение допустимых поливных норм и времени полива при прерывистом дождевании на суглинистых почвах мобильной машиной Bauer Rainstar T-61 до образования поверхностного стока.

### **Основная часть**

Опыты проводили на опытном орошаемом поле УО БГСХА «Тушково-1» Горецкого района Могилевской области в 2012–2013 гг. Почвы дерново-подзолистые суглинистые. Водно-физические свойства почвы в слое 0...100 см в среднем характеризуются следующими показателями: плотность – 1,62 г/см<sup>3</sup>, плотность твердой фазы – 2,65 г/см<sup>3</sup>, наименьшая влагоемкость – 22,3 % к массе сухой почвы. Растительный покров представлен травостоем высотой от 5 до 20 см. Методика проведения опытов общепринятая [3, 4, 5]. Поливы осуществляли дальнеструйной дождевальной машиной Bauer Rainstar T-61. Ха-



рактеристики давления на оросительной сети снимали с манометра. Уклон не более 0,005. Дождевание проводили для трех уровней предполивной влажности (60–70 % НВ; 70–80 % НВ; 80–90 % НВ) для следующих условий:

- I. почва рыхлая после предпосевной обработки;
- II. почва плотная, пар;
- III. растительный покров высотой 5...10 см, в начале вегетации;
- IV. растительный покров высотой 5...10 см, в конце вегетации;
- V. растительный покров высотой 10...20 см, в начале вегетации;
- VI. растительный покров высотой 10...20 см, в конце вегетации.

Перед началом опыта на поверхности почвы устанавливались учетные врезные рамы. Учет поливной нормы проводили с помощью дождемеров. За начало стока принимали момент времени, когда на поверхности учетной площадки образовывались устойчивые лужи диаметром 2–3 см. Продолжительность каждого опыта 150 мин. Поливная норма 30 мм. Перед началом полива определяли влажность почвы через 10 см, на глубину верхнего пахотного слоя 0...20 см. Частота вращения вокруг оси дальнеструйного аппарата машины Bauer равняется 0,7 об/мин.

Из литературных источников установлено, что на допустимую интенсивность дождевания существенное влияние оказывает надземная часть растений. Положительное влияние покрытия растений связано с уменьшением силы удара капель дождя за счет частичного гашения надземной частью растений скорости и диаметра капель дождя, что предохраняет структуру верхнего контактного слоя почвы от разрушения. Также известно, что при поддержании расчетного поливного порога влажности почвы (60, 70 или 80 % НВ) в каждом отдельном случае впитывающая способность (при всех прочих условиях для определенного типа почв) будет различной. Именно поэтому будет наблюдаться варьирование допустимой поливной нормы в зависимости от поддержания конкретного уровня предполивного порога влажности, то есть чем меньше его величина, тем больше значение может принимать допустимая поливная норма. Это и определило основные условия проведения опытов по определению допустимой интенсивности дождевания.

Результаты полевых исследований по допустимой интенсивности прерывистого дождевания дерново-подзолистых суглинистых почв были систематизированы и представлены в табл. 1.

**Таблица 1** – Результаты опытов по исследованию допустимой интенсивности прерывистого дождевания на дерново-подзолистых суглинистых почвах

Вариант опыта	Допустимая интенсивность, мм/мин	Продолжительность дождевания до стока, мин	$i_{\text{уст}}$ , мм/мин
I	0,25...0,11	50...150	0,13...0,11
II	0,18...0,08	43...150	0,1...0,08
III	0,29...0,20	75...150	0,22...0,2
IV	0,27...0,16	60...150	0,18...0,16
V	0,42...0,24	90...150	0,23...0,2
VI	0,33...0,20	85...150	0,27...0,24

*Примечания:* частота вращения дождевального аппарата 0,7 об/мин; продолжительностью полива 150 мин; поливная норма 30 мм; напор 4–5 атм.

Анализ полученных результатов свидетельствует, что для уплотненной поверхности почвы допустимая интенсивность дождевания в несколько раз меньше, чем для рыхлой почвы. Большое влияние на интенсивность оказывает влажность почвы верхнего слоя почвы, а так же высота растительного покрова и период вегетации растений. Так, максимальная допустимая интенсивность прерывистого дождевания равняется 0,42 мм/мин при высоте растительного покрова 10...20 см в период начала вегетации, когда почва менее уплотнена. Минимальное значение наблюдали на уплотненной почве при влажности почвы 0,80–0,90 % НВ и оно составило 0,08 мм/мин. Продолжительность дождевания до образования стока от 43 мин до 150 мин.

При дождевании одним из самых главных агротехнических требований является соблюдение условия, чтобы средняя интенсивность оросительной машины была меньше или равна допустимой интенсивности прерывистого дождевания.

Для мобильной дождевальная машины Bauer Rainstar T–61, оборудованной дальнеструйным аппаратом SR–140, средняя интенсивность составила 0,2 мм/мин. Установлено, что за один оборот аппарата выдается поливная норма 0,3 мм.

С учетом этого на основании проведенных опытов были определены эрозионно-безопасные значения поливных норм и время дождевания, обеспечивающих полив без образования луж и поверхностного стока (табл. 2).

**Таблица 2** – Расчетные допустимые эрозионно-безопасные поливные нормы и интервалы времени при прерывистом дождевании машиной Bauer Rainstar T–61

Вариант опыта	Влажность почвы, % от НВ	Время полива до образования стока, мин	Поливная норма до образования стока, мм
I	60–70	79	15,8
	70–80	70	14,0
	80–90	64	12,8
II	60–70	полив рекомендуется при условии проведения агромелиоративных мероприятий, повышающих впитывающую способность почвы	
	70–80		
	80–90		
III	60–70	сток не наблюдали	
	70–80		
	80–90	144	28,8
IV	60–70	117	23,4
	70–80	105	21,0
	80–90	96	19,2
V	60–70	сток не наблюдали	
	70–80		
	80–90		
VI	60–70	сток не наблюдали	
	70–80		
	80–90	150	30,0

Значения допустимой поливной нормы и время дождевания заметно отличаются по вариантам опыта. Так, допустимая поливная норма при дождевании дальнеструйной машиной Bauer Rainstar T–61 будет составлять: для рыхлой почвы 12,8...15,8 мм; плотной почвы – полив не рекомендуется; растительного покрова высотой 5...10 см в начале периода вегетации от 28,8 мм и выше; растительного покрова высотой 5...10 см в конце периода вегетации 19,2...23,4 мм; растительного покрова высотой 10...20 см в начале и конце периода вегетации от 30,0 мм и выше. Время полива до образования стока составило от 64 мин до 150 мин.

### **Заключение**

В результате проведенных опытов были найдены значения допустимой интенсивности прерывистого дождевания дерново-подзолистых суглинистых почв с частотой вращения аппарата 0,7 об/мин, которые можно использовать для выбора подходящей дождевальной техники при вышеперечисленных условиях.

Также были определены значения допустимых поливных норм и время дождевания для дальнеструйной машины Bauer Rainstar T–61, при которых не образуется поверхностный сток. Эрозионно-безопасная поливная норма составила: для рыхлой почвы 12,8...15,8 мм; плотной почвы – полив не рекомендуется; растительного покрова высотой 5...10 см в начале периода вегетации от 28,8 мм и выше; растительного покрова высотой 5...10 см в конце периода вегетации 19,2...23,4 мм; растительного покрова высотой 10...20 см в начале и конце периода вегетации от 30,0 мм и выше. Время полива до образования стока составило от 64 мин до 150 мин.

### **Список литературы**

1. Кузнецов, Ю.В. Научно-экспериментальное обоснование водосберегающих технологий орошения томатов в Нижнем Поволжье: автореф...дис. канд. с-х. наук: 06.01.02. / Ю.В. Кузнецов; Волгоград. гос. с-х. академия. – Волгоград, 2011. – 47 с.
2. Лихацевич, А.П. Дождевание сельскохозяйственных культур: основы режима при неустойчивой естественной влагообеспеченности / А.П. Лихацевич. – Минск: Бел. наука, 2005. – 278 с.
3. Григоров, М.С. Противоэрозионная технология полива люцерны на сено дождевальной машиной «Фрегат» / М.С. Григоров, С.М. Григоров // Известия. – Волгоград: Волгоградский ГАУ. – 2010. – №1(17). – С.28–34.
4. Изучение водно-физических свойств почв для мелиоративного строительства: пособие к ВСН 33–2.1.02–85: утв. приказом В/О «Союзводпроект» № 30 от 17.02.86. – Москва, 1986. – 159 с.
5. Методическое руководство по изучению водного режима почв и влагообеспеченности сельскохозяйственных культур: утв. Ученым советом Почвенного инст. им. Докучаева 07.06.84. – Москва, 1986. – 141 с.
6. Желязко, В.И. Дождевание многолетних трав стоками свиноводческих комплексов: дис....канд. техн. наук: 06.01.02 / В.И. Желязко. – Горки, 1987. – 138 с.

## ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНИКИ ПОЛИВА ПРЕРЫВИСТОГО ДОЖДЕВАНИЯ МАШИНОЙ BAUER RAINSTAR T-61

**Лукашевич В.М.**

Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь [lukashevich\\_vikt@mail.ru](mailto:lukashevich_vikt@mail.ru)

*In the article presented results of researches on studying the structure of artificial intermittent rain, when watering mobile drum-hose sprinkler machine Bauer Rainstar T-61. Determined that the rain created irrigation machine meets all the agrotechnical requirements. The average drop diameter of 1.2 mm Coefficient of effective irrigation equal to 0,8 at wind speed 0...1,0 m/s.*

### **Введение**

Дождь, создаваемый современными дождевальными машинами, отличается по своим параметрам от естественных осадков «средней» силы. Высокие энергетические показатели искусственного дождя приводят к разрушению почвенного покрова и образованию поверхностного стока, неравномерности полива, что способствует развитию ирригационной эрозии, переувлажнению почвы и избыточному увлажнению растений в одних местах, при недостаточном их увлажнении в других, снижению плодородия орошаемых земель и неэффективному использованию водных, материально-технических, энергетических и земельных ресурсов.

Поэтому при дождевании сельскохозяйственных культур значительное внимание следует уделять современной дождевальной технике, которая обеспечивает, при экономически целесообразном уровне производительности, экономии воды, энергии, материально-технические и трудовые ресурсы без негативного воздействия на почву и окружающую среду [1].

Эффективность дождевания зависит от структуры искусственного дождя, создаваемого конкретной дождевальной установкой и почвенно-климатических, рельефных и агротехнических особенностей орошаемого поля [2]. В свою очередь, структура дождя, создаваемая машинами, характеризуется интенсивностью, размером капель, слоем осадков за один цикл и равномерностью распределения по орошаемому полю [3].

Сведений по изучению структуры искусственного дождя, создаваемого мобильной барабанно-шланговой дождевальной машиной Bauer Rainstar T-61, в литературе не установлено, поэтому проводимые опыты представляют научно-практический интерес.

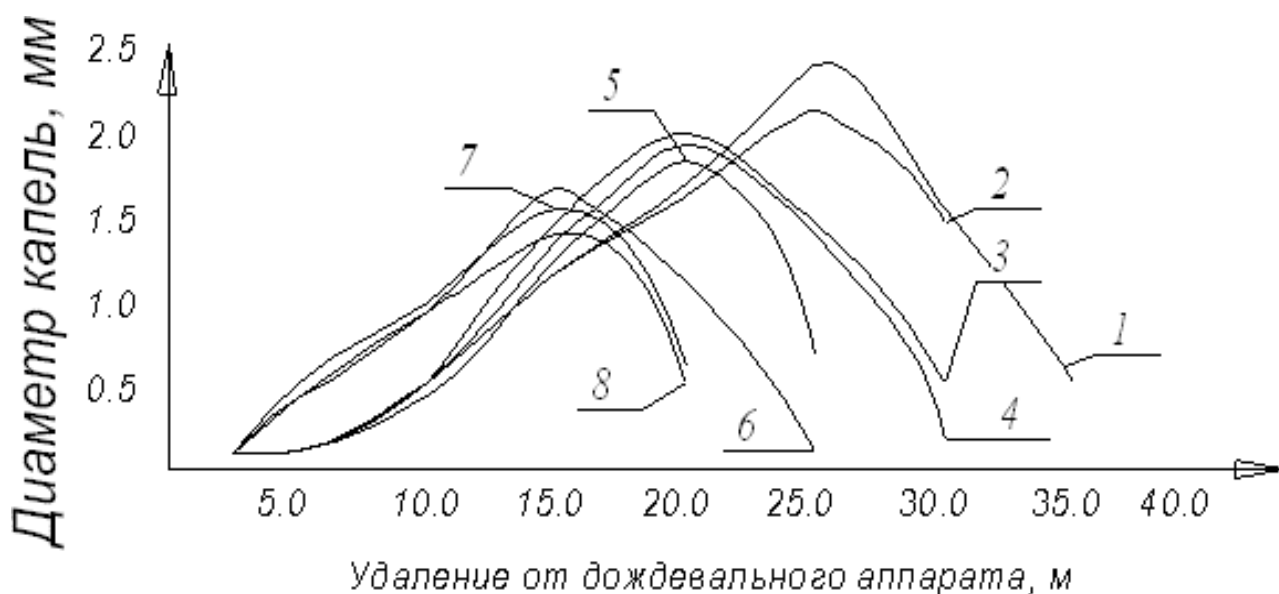
### **Основная часть**

Опыты проводили на опытном орошаемом поле УО БГСХА «Тушково-1» Горецкого района Могилевской области в 2012–2013 гг. Методика проведения опытов общепринятая [4, 5, 6, 7]. Оросительная машина Bauer Rainstar T-61, имеющая дальнеструйный дождевальный аппарат SR-140. Диаметр дождевальных насадок аппарата от 16 до 30 мм. Наблюдения за скоростью и направлением ветра проводили непосредственно на опытном участке с помощью анеморумбометра. Средние значения радиусов полива и площадей захвата дождем определяли непосредственно в полевых условиях, а дальше

графически по изогиям средней интенсивности. Характеристики давления на оросительной сети снимали с манометра. Крупность капель дождя определяли с помощью бумажных фильтров в трехкратной повторности.

В результате проведенных опытов было установлено, что дальнеструйный дождевальная аппарат SR-140 за один оборот выдает поливную норму 0,3 мм. Частота вращения вокруг оси аппарата равняется 0,7 об/мин. Благодаря рассекателю струя воды при поливе распадается на капли диаметром от 0,1 мм до 2,3 мм. Средний размер капель составил 1,2 мм, что соответствует требованиям. Так согласно агротехническим требованиям, дождь считается качественным, если диаметр капель не превышает 2 мм [8].

При этом распределение размера капель весьма неравномерное. Опыты показали, что с увеличением расстояния от дождевального аппарата размер капель дождя возрастал, а максимальные значения зафиксированы на расстоянии 0,7–0,8 радиуса полива дождевального аппарата.



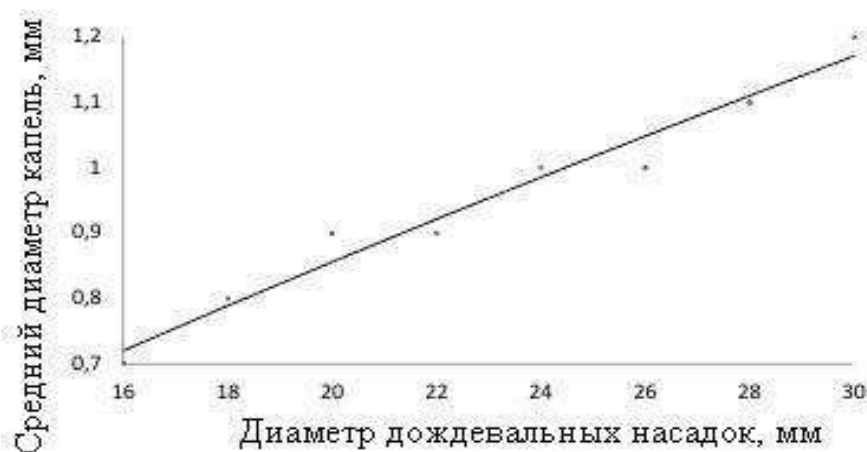
**Рисунок 1** – Распределение крупности капель по мере удаления от дождевального аппарата, в зависимости от диаметра насадок.

Диаметр насадки равен: 1–30 мм, 2–28 мм, 3–26 мм,  
4–24 мм, 5–22 мм, 6–20 мм, 7–18 мм, 8–16 мм

Наименьший диаметр капель составил 0,1 мм на расстоянии от 2,5 м до 5 м от аппарата. Все поливы проводили в безветренную погоду. Угол наклона дождевального аппарата к горизонту стандартный ( $24^{\circ}$ ). Напор оптимальный для используемых дождевальных машин в условиях Беларуси (4–5 атм.).

Также в результате опытов, нами были получены крайние значения радиуса полива при поливе дождевальным аппаратом SR-140. Из рис. 1 видно, что радиус полива варьировал от 20 до 35 м (при вышеперечисленных условиях). И наибольшее его значение наблюдали при диаметре дождевальной насадки 30 мм, а наименьшее 16 мм.

Исследования показали, что крупность и распределение искусственно созданных капель зависят от диаметра дождевальной насадки. Связь среднего диаметра капель с диаметром дождевальных насадок представлена на рис. 2 и характеризуется высоким корреляционным значением 0,98.



**Рисунок 2** – График зависимости среднего диаметра капель от диаметра насадок для дождевального аппарата SR-140

Наибольшее значение среднего диаметра капель 1,2 мм получили при поливе дождевальной насадкой 30 мм, а наименьшее 0,7 мм соответственно при 16 мм. Все полученные значения соответствуют допустимым агротехническим характеристикам качественного полива, что не допускает повреждение поливаемых культур при любых заменах дождевальных насадок.

Равномерность распределения дождя по орошаемой площади характеризуется коэффициентами эффективного  $K_{эф.п.}$ , недостаточного  $K_{нед.п.}$  и избыточного  $K_{изб.п.}$  поливов, которые определяются отношением, соответственно, эффективно, недостаточно и избыточно политой площади к общей площади захвата дождевальной машины.

Эффективно политая площадь – это площадь, политая с интенсивностью, равной среднеарифметической, с отклонением, допускаемым агротехническими требованиями  $\pm 25\%$ . Во всех других случаях площади следует считать или избыточно, или недостаточно политыми. Согласно агротехническим требованиям, коэффициент эффективного полива должен быть более 0,7 [8, 9, 10].

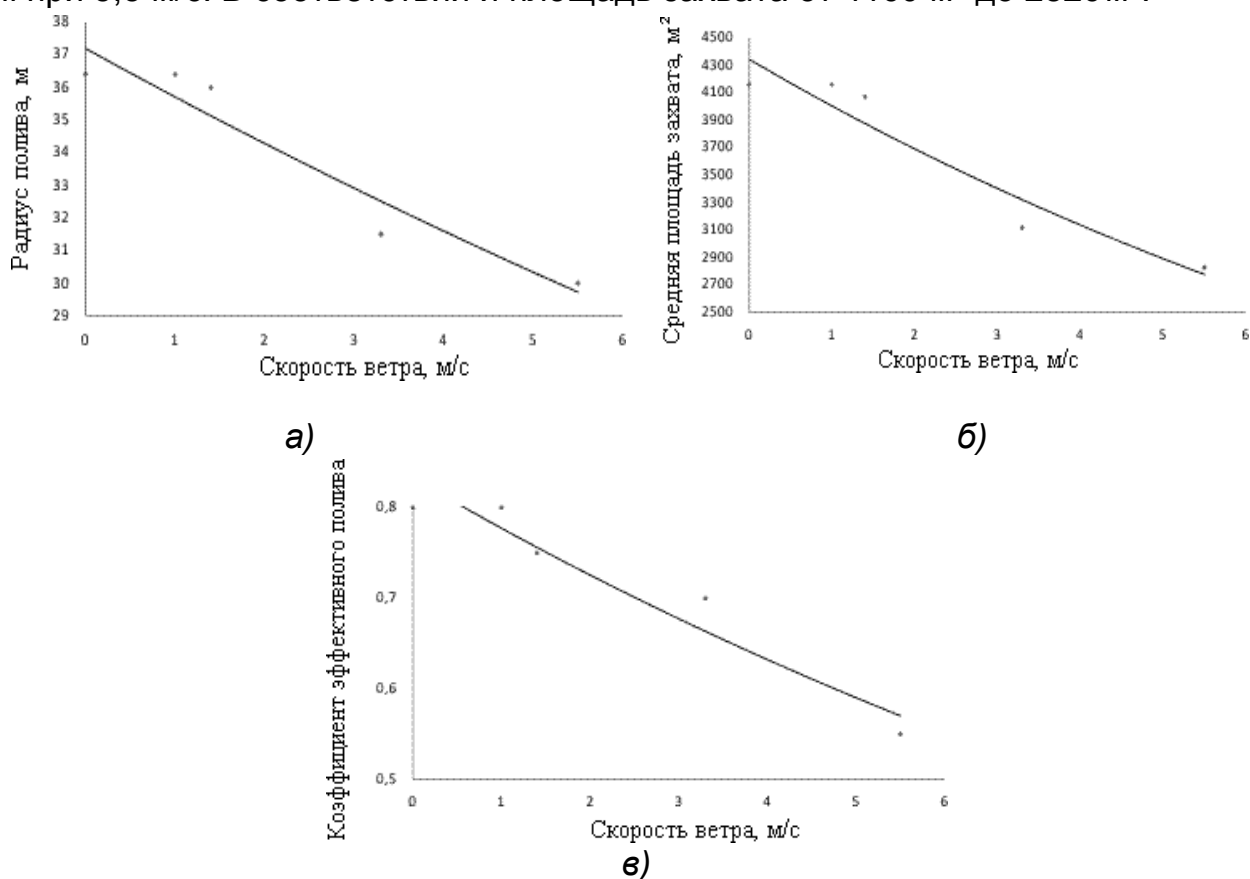
Наилучшие условия для полива дальнеструйным дождевальным аппаратом SR-140 создаются при скорости ветра до 1,0 метра в секунду. В этом случае форма орошаемой площади от аппарата близка к кругу. Коэффициент эффективного полива равняется 0,8. Средняя площадь захвата дальнеструйного аппарата 4160 м<sup>2</sup>. Средний радиус полета 36,4 м (диаметр насадки 24 мм).

**Таблица 1** – Зависимость дальности полета струи и средней площади захвата поливаемого участка от скорости ветра при работе SR-140 по кругу

Средняя скорость ветра, м/с	Дальность полета струи, м				Средний радиус полета, м	Средняя площадь захвата, м <sup>2</sup>
	против ветра	по ветру	перпендикулярно ветру			
			справа	слева		
0...1	36,4	36,4	36,4	36,4	36,4	4160
1,4	34,9	38,1	37,8	33,2	36,0	4069
3,3	26,0	45,0	25,3	29,7	31,5	3116
5,5	24,4	47	24,5	24,1	30,0	2826

*Примечания:* напор 4–5 атм; ветер 0...5,5 м/с; диаметр дождевальной насадки 24 мм.

Из табл. 1 видно, что средний радиус полива для дождевального аппарата SR–140 уменьшается от 36,4 м при средней скорости ветра 0...1,0 м/с до 30 м при 5,5 м/с. В соответствии и площадь захвата от 4160 м<sup>2</sup> до 2826 м<sup>2</sup>.



а) среднего радиуса полива; б) площади захвата  
в) коэффициента эффективного полива  
(диаметр насадки 24 мм; напор 4–5 атм; полив по кругу)

**Рисунок 2** – Изменение следующих показателей от скорости ветра

Коэффициент эффективного полива снижается до 0,75 при скорости ветра 1,4 м/с. Средняя площадь захвата и средний радиус полива при этой скорости ветра уменьшаются незначительно. Характер увлажнения существенно изменяется при увеличении скорости ветра до 3,3 м/с. Коэффициент эффективного полива составляет 0,7. Средняя площадь захвата и радиус полива снижаются на 25 % и 13,5 %.

**Таблица 2** – Значения коэффициента эффективного полива от скорости ветра

Средняя скорость ветра, м/с	$K_{нед.п}$	$K_{изб.п}$	$K_{эф.п}$
0...1	0,17	0,03	0,80
1,4	0,10	0,15	0,75
3,3	0,10	0,20	0,70
5,5	0,27	0,18	0,55

*Примечания:* диаметр насадки 24 мм; напор 4–5 атм.; полив по кругу.

Если в безветренную погоду радиус полива составляет не менее 36,4 метров и очертание площади орошения близко к кругу, то при увеличении скорости ветра до 5,5 м/с зона увлажнения по форме становится близкой к неправильному

эллипсу. Дальность полета струи по ветру увеличивается до 47 м, в то же время против ветра уменьшается до 24 м (средний радиус 30 м). Коэффициент эффективного полива не отвечает агротехническим требованиям для дождевальных машин и составляет 0,55. Поливаемая площадь при этом снижается на 33 %.

Дальнеструйный дождевальный аппарат SR–140 может производить поливы как по кругу, так и по сектору. При поливе по сектору поливаемая площадь значительно уменьшается, однако равномерность распределения искусственного дождя при этом увеличивается.

Средний радиус полива, площадь захвата и коэффициент эффективного полива меняют свои значения в зависимости от дождевальной насадки. Так, при скорости ветра 0...1,0 м/с и насадке 24 мм радиус и площадь захвата равны 36,4 м и 2080 м<sup>2</sup>, это на 1,1 м 124 м<sup>2</sup> больше, чем для насадки 22 мм.

Средний радиус полета струи при поливе по сектору уменьшается до 31,5 м при скорости ветра 7,0 м/с, а при поливе по кругу он имел такое же значение при скорости ветра 3,3 м/с. Это говорит нам о том, что способ полива по сектору является более ветроустойчивым, чем по кругу. Если сравнивать коэффициенты эффективного полива при разных способах дождевания (по кругу или по сектору), то сразу заметно, что коэффициенты при одинаковых условиях выше при поливе по сектору.

**Таблица 3** – Значения коэффициента эффективного полива от скорости ветра

Средняя скорость ветра, м/с	$K_{нед.п}$	$K_{изб.п}$	$K_{эф.п}$
Диаметр насадки 22 мм			
2,0	0,02	0,19	0,79
3,0	0,13	0,11	0,76
5,0	0,17	0,17	0,66
Диаметр насадки 24 мм			
0...1	0,17	0,03	0,80
3,0	0,10	0,16	0,74
4,0	0,10	0,20	0,70
7,0	0,29	0,17	0,54

*Примечания:* диаметр насадки 22–24 мм; напор 4–5 атм.; полив по сектору.

Коэффициент эффективного полива соответствует агротехническим требованиям при скорости ветра до 4,0 м/с, а при поливе по кругу 3,3 м/с. (диаметр сопла 24 мм). Неэффективно и избыточно политые площади составляют 10 % и 20 % от общего увлажняемого контура. Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что  $K_{эф.п}$  увеличивается также при уменьшении диаметра дождевальной насадки.

### **Заключение**

Полученные опытные данные свидетельствуют о том, что оросительная машина Bauer Rainstar T–61, имеющая дальнеструйный дождевальный аппарат SR–140, создает качественный полив. Даже при самом крупном диаметре дождевальной насадки 30 мм средний размер капель не превышает 1,2 мм, это в свою очередь, оказывает благоприятное воздействие как на почву, так и на растительный покров.

В результате исследований было установлено, что при поливе по кругу аппаратом SR–140 наилучшая равномерность распределения слоя осадков



наблюдается при скорости ветра 0...1 м/с: коэффициент эффективного полива составляет 0,8; контур увлажнения представляет круг с радиусом 36,4 м; средняя площадь поливаемого участка 4160 м<sup>2</sup>.

Полив аппаратом SR-140 будет эффективен и целесообразен при скорости ветра, не превышающей 3,3 м/с. Коэффициент эффективного полива при этой скорости соответствует агротехническим требованиям и равен 0,7. Если же скорость ветра больше приведенных значений, то орошение следует прекращать или проводить в утренние либо вечерние часы, когда скорость ветра имеет наименьшее значение. Для того чтобы снизить воздействие ветра на дождевание, с полива по кругу переходят на полив по сектору, расположенному в направлении действия ветра, с очередностью смены позиций в противоположном ветру направлении. Это обеспечивает передвижение дождевальных машин по сухой почве. Уменьшают также расстояния между смежными позициями поперек действия ветра, так как сильный ветер вызывает сужение площади полива в направлении, перпендикулярном его действию.

### **Список литературы**

1. Дашков, В.Н. Обоснование критериев эффективности применения искусственного дождевания / В.Н. Дашков, Н.Ф. Капустин, А.Н. Басаревский // Весці нацыянальнай акадэмі навук Беларусі. – 2006. – №4. – С. 100–106.
2. Голченко, М.Г. Справочник по орошению дождеванием / М.Г. Голченко и [др.]; под ред. М.Г. Голченко, А.И. Михальцевича. – Мн. Ураджай, 1993. – 247 с.
3. Лихацевич, А.П. Сельскохозяйственные мелиорации: учеб. для студ. высш. учеб. завед. по спец. «Мелиорация и водное хозяйство» / А.П. Лихацевич, М.Г. Голченко, Г.И. Михайлов; под ред. А.П. Лихацевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.
4. Григоров, М.С. Противозерозионная технология полива люцерны на сено дождевальной машиной «Фрегат» / М.С. Григоров, С.М. Григоров // Известия. – Волгоград: Волгоградский ГАУ. – 2010. – №1(17). – С. 28–34.
5. Изучение водно-физических свойств почв для мелиоративного строительства: пособие к ВСН 33–2.1.02–85: утв. приказом В/О «Союзводпроект» № 30 от 17.02.86. – Москва, 1986. – 159 с.
6. Методическое руководство по изучению водного режима почв и влагообеспеченности сельскохозяйственных культур: утв. Ученым советом Почвенного инст. им. Докучаева 07.06.84. – Москва, 1986. – 141 с.
7. Городничев, В.И. Методы, системы управления, контроля и оценки качества работы фронтальных дождевальных машин / В.И. Городничев. – Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2003. – 354 с.
8. Оросительные системы правила проектирования: ТКП 45–3.04–178–2009(02250). – Введ. 29.12.2009 г. № 441. – Минск: Минстройархитектура, 2010. – 70 с.
9. Определение качества дождя при работе дождевальных аппаратов, установок и машин: рекомендации. – Ставрополь, 1973. – 22 с.
10. Снопич, Ю.Ф. Совершенствование технических средств орошения дождеванием / Ю.Ф. Снопич // – Новочеркасск: ООО «Геликон», 2007. – 110 с.

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ РЕК ОКСКОГО БАССЕЙНА

**Мажайский Ю.А.\* , Гусева Т.М.\*\***

\* ООО «Мещерский научно-технический центр», г. Рязань, Россия,  
mail@mntc.pro

\*\*Рязанский медицинский университет им. академика И.П. Павлова, г. Рязань,  
Россия, guseva.tm@bk.ru

*Carried out complex researches of the major component of landscape Oka river of pool – the small river, testify to a significant anthropogenous load on it ecological system, the caused agricultural activity to what testify raised content heavy metals in superficial and subsoil waters and hydrobiological parameters.*

### **Введение**

Многолетние наблюдения за состоянием крупных рек России свидетельствуют о сохраняющейся тенденции ухудшения гидрохимических характеристик и качества воды в результате длительного и продолжительного антропогенного воздействия. Одними из приоритетных загрязняющих веществ гидросферы являются тяжелые металлы (ТМ), источники которых - сточные воды и сток с поверхности почвы [1].

Река Ока – наиболее крупный приток р. Волги и главный водоток Рязанской области. Бассейн р. Оки включает 895 малых и средних рек, общей протяженностью 105255 км [2]. Вода реки Оки оценивается как «загрязненная». Существующая сеть наблюдений за гидрохимическими характеристиками Окских вод не в состоянии оценить реальную экологическую ситуацию, складывающуюся в бассейне р. Оки, так как не охвачены мониторингом малые реки, которые во многом определяют качество воды в ней.

Основная часть малых и средних рек региона протекает в районах сельскохозяйственного использования земель, являясь компонентом преобразованных ландшафтов, и испытывает значительную антропогенную нагрузку, так как именно эти водные объекты принимают стоки с сельскохозяйственных земель, которые приносят в водные объекты значительное количество биогенных веществ и тяжелых металлов. Однако загрязнение водных источников Окского бассейна ТМ в результате эксплуатации агроландшафтов на территории Рязанской области не достаточно изучено и является актуальной проблемой.

### **Основная часть**

С целью выявления степени загрязнения ТМ поверхностных вод малых рек Окского бассейна проводится многолетний мониторинг на экологическом полигоне – крупномасштабной природной модели, созданной для проведения комплексных исследований, оценки степени воздействия антропогенных нагрузок на состояние экосистем и получения информации, необходимой для решения проблем рационального природопользования, как на локальном, так и региональном уровнях [3]. Экологический полигон имеет площадь 3000 га и представляет собой ландшафт лесостепной зоны, типичный для Мещерской низменности. Структурно он представлен следующими элементами: пашня, пастбище, орошаемые и осушаемые земли, дачные участки, лес, акватория. На территории исследуемого

ландшафта находится малая река, непосредственно связанная с водной системой р. Оки, которая и явилась объектом исследований.

Программа наблюдений включает оценку экологического состояния поверхностных и грунтовых вод, гидробиологические исследования. Отбор проб воды проводится по стандартным методикам. Определение валового содержания ТМ в воде и растительности проводится методом атомно-абсорбционной спектрометрии. В рамках мониторинга был осуществлен также гидробиологический и микробиологический анализ поверхностных вод модельного ландшафта [4].

Исследуемый водоем в течение длительного времени испытывает антропогенную нагрузку в результате функционирования на опытном ландшафте системы орошения, искусственного дренажа, наличия дачных участков, земель частного использования. Водный объект является коллектором, принимающим с ландшафта как поверхностный, так и внутрпочвенный сток. Следовательно, можно предположить, что все это отразится на гидрохимической характеристике водоема.

На протяжении ряда лет в рамках проводимого мониторинга содержания ТМ в воде опытного водоема ежемесячно отбирались пробы воды в 3 створах: 1 – исток (гидрометрический пост 1), 2 – дренажный сток (гидрометрический пост 2), 3 – место впадения в водную систему р. Оки (гидрометрический пост 3). Содержание тяжелых металлов в водном объекте представлено в таблице 1.

Можно отметить, что концентрация Pb находится в пределах предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов ( $ПДК_{р/х}$ ), а содержание Cd, Cu и Zn в ряде случаев превышает этот показатель. Содержание Cu и Zn, находится в пределах предельно допустимых концентраций для водоемов санитарно-бытового назначения ( $ПДК_{с/б}$ ), но наблюдается превышение данного норматива по Cd и Pb. Концентрация Pb в основном в осенне-зимний период больше ПДК для оросительной воды.

Следовательно, сложившаяся ситуация на водоеме, принимающем только стоки с земель сельскохозяйственного использования, представляет потенциальную экологическую опасность для Окского бассейна, о чем свидетельствует содержание ТМ в воде на замыкающем створе, то есть наблюдается эффект суммирования содержания загрязняющих веществ загрязнителей на замыкающем створе и неспособность водоема к процессам самоочищения.

**Таблица 1** – Содержание тяжелых металлов в воде малой реки,  $10^{-3}$  мг/л (по данным многолетних наблюдений)

Створы наблюдений	Cu	Zn	Pb	Cd
Исток (ГП 1)	1,0 - 10,0	1,1 - 218,0	0,8 - 36,7	0,1 - 6,5
	3,2	11,8	8,7	1,6
Дренажный сток	0,6 - 61,0	0,3 - 221,0	2,0 - 33,3	0,2 - 7,2
	3,4	14,6	9,3	1,7
Место впадения в водную систему р. Оки	0,5 - 13,2	0,9 - 72,3	2,7 - 23,3	0,5 - 6,5
	3,7	23,1	9,6	2,0
$ПДК_{р/х}, 10^{-3}$ мг/л	1	10	100	5
$ПДК_{с/б}, 10^{-3}$ мг/л	1000	1000	30	1
$ПДК_{в\ оросит.\ воде}, 10^{-3}$ мг/л (по Бездниковой С.Я.)	200	1000	30	10

\*Примечание: в числителе - пределы колебаний, в знаменателе средние концентрации.

Анализ информации, полученной в ходе мониторинга, позволил установить, что максимум содержания Cd в воде отмечается в зимний период, минимум – летний. Наименьшее содержание Zn – февраль-март, максимальная концентрация – январь, май-июнь, ноябрь. В динамике содержания Cu и Pb отмечалась следующая зависимость: наименьшие их концентрации – февраль-март, рост содержания до мая, затем постепенное снижение концентрации в летний период и увеличение содержания элементов в осенне-зимний период с максимумом в декабре.

Сезонное изменение концентрации ТМ в воде объясняется влиянием атмосферных осадков, постепенной седиментацией водных взвесей, адсорбирующих ТМ, а также аккумуляцией ТМ водной биотой, которая, отмирая осенью, обогащает воду ТМ.

На территории экополигона пробурены скважины для определения уровня и качества грунтовых вод. Скважины расположены в наиболее типичных местах ландшафта, перпендикулярно водному объекту. Отбор проб воды проводился по 4 скважинам: 7, 8, 13, 14 – наиболее приближенным к водному объекту (расстояние от 7 скважины до малой реки – 140 м, от 8 скважины – 400 м, от 13 скважины – 110 м, от 14 скважины – 500 м) и перехватывающим подземный приток с территории ландшафта. Результаты определения концентраций ТМ в грунтовых водах представлены в таблице 2.

**Таблица 2** – Содержание тяжелых металлов в грунтовых водах,  $10^{-3}$  мг/л\*  
(по данным многолетних наблюдений)

№ скважины	Cu	Zn	Pb	Cd
7	1,0 - 5,2	0,9 - 20,0	2,0 - 22,0	1,0 - 4,5
	3,7	5,8	10,3	2,2
8	0,8 - 20,0	1,3 - 58,0	1,5 - 32,0	0,4 - 5,5
	4,7	24,9	10,4	2,2
13	1,1 - 14,8	0,9 - 516,7	2,5 - 40,7	0,8 - 4,6
	3,5	58,6	10,8	2,6
14	0,7 - 5,6	0,7 - 46,0	2,1 - 20,0	0,5 - 2,0
	3,3	19,6	7,7	1,2

*Примечание:* в числителе – пределы колебаний, в знаменателе – среднее значение концентраций.

Полученные данные показывают, что в содержании ТМ в грунтовых водах, так же, как и в воде водоема, наблюдается определенная зависимость. Для Cu, Pb, Cd – увеличение концентрации в грунтовой воде с апреля по июль, для Zn – с марта по апрель. Затем концентрация ТМ в грунтовых водах постепенно снижается и достигает минимума в августе. С августа наблюдается постепенное увеличение концентраций ТМ во всех скважинах и достигает своего максимального значения – в декабре, затем – постепенное снижение до марта-апреля. Такое распределение концентраций ТМ в грунтовых водах зависит как от природных, так и от антропогенных факторов.

Повышение концентрации ТМ в весенний период можно объяснить таянием снежного покрова, в котором происходит значительное накопление ТМ [5]. Проникая в почву, снеговые осадки приносят значительное количество ТМ в

грунтовые воды. В летний период источником ТМ в грунтовых водах могут явиться также и дождевые осадки, однако содержание поступления ТМ в этот период наименьшее, по-видимому, в этот период активно развиваются растения, потребляющие почвенную влагу, а следовательно, и находящиеся в ней ТМ. В осенне-зимний период идет постепенное нарастание концентрации ТМ в грунтовых водах, именно в это время в почве происходит разложение растительных остатков, которые содержат определенное количество ТМ.

Исследования по изучению гидрогеологического режима опытного ландшафта, проводившиеся ранее, показали, что поверхностный сток отсутствует, скважина № 7 перехватывает приток грунтовых вод, который попадает непосредственно в водоем с орошаемых земель, пастбища и пашни, скважина № 8 – с осушаемых земель, скважина № 13 – с дачных участков, скважина № 14 – с лесного массива. Таким образом, сетью 4 скважин перехватывается весь возможный приток воды с исследуемого ландшафта.

Проведенные нами наблюдения позволили сделать следующие выводы: наименьшее содержание ТМ характерно для грунтовых вод, поступающих от лесного массива, наибольшее – для грунтовых вод, формирующихся в районе дачных участков, пашни, пастбища, орошаемых земель. Причем для грунтовых вод, поступающих с дачных участков, характерно доминирование Zn, Pb, что является доказательством наибольшей антропогенной нагрузки именно на этот элемент ландшафта.

Проведенные исследования грунтовых вод позволяют сделать вывод, что территории сельскохозяйственного использования также являются источником поступления ТМ в водные потоки, причем доминирующими в этом процессе являются земли частного использования, во внутрпочвенных стоках которых содержится наибольшее количество ТМ.

Одним из информативных показателей антропогенной нагрузки на водные экосистемы является качественный состав гидробионтов, претерпевающий существенные изменения под влиянием загрязняющих веществ. Видовой состав гидробионтов можно рассматривать как индикатор экологического состояния водных объектов, так как поступление загрязняющих веществ в водоем, в том числе и ТМ, вызывает диспропорцию в развитии отдельных видов гидробионтов, что приводит к нарушению взаимоотношений в экосистеме, вследствие чего происходит замена одних видов другими, более приспособленными к сложившимся условиям.

С целью определения видового разнообразия биоты исследуемого водоема был проведен гидробиологический анализ (табл. 3). Сравнение табличных данных со списком организмов-индикаторов сапробности показало, что большая часть обнаруженных в водном объекте гидробионтов принадлежит к  $\beta$ -мезосапробам, что соответствует 2 классу чистоты вод, но в то же время в изучаемом водном объекте присутствуют и полисапробы (жгутиковые, личинки хирономид), что указывает на существующее загрязнение воды. Присутствие в воде жгутиковых и инфузорий указывает на ухудшении условий обитания. Таким образом, обеднение видового состава гидробионтов исследуемого водоема является адекватным показателем его загрязнения.

**Таблица 3 – Приоритетные виды гидробионтов в исследуемом водоеме**

Представители гидробионтов	Основные виды
<b>Водоросли:</b> Диатомовые (Bacillariophyta) Сине-зеленые (Cyanophyta) Зеленые (Chlorophyta)	Synedra, Navicula, Melosira Anabena Scenedesmus
<b>Простейшие:</b> Жгутиковые (Flagellata) Инфузории (Ciliata)	Euglena, Bodo, Monas Paramecium, Lionotus, Oxytricha, Vorticella (con- ica), Didinium, Epistylis (bimarginata)
<b>Многочлеточные беспозвоноч- ные:</b> Веслоногие раки (Copepoda) Личинки хирономид (Chironomus)	Cyclops Chironomus plumosus
<b>Высшие водные растения:</b> Погруженные Плавающие Воздушно-водные	Elodea canadensis Lemna Phragmites australis
<b>Моллюски:</b> Брюхоногие (Gastropoda)	Limnaea auricularia

В воде природных водоемов и водотоков содержится большое количество микроорганизмов, способствующих самоочищению этих экосистем. Исследование влияния ТМ на автохтонные бактерии воды является актуальным на сегодняшний день. В рамках мониторинга, проводимого на территории экологического полигона, был разработан и проведен микробиологический эксперимента с водой, имеющей различный диапазон загрязнения. Для охвата диапазона загрязнения воды были разработаны 3 варианта опыта (табл. 4).

**Таблица 4 – Схема микробиологического эксперимента**

Металл	Варианты опыта (содержание ТМ в воде, мг/л)			
	Контроль (исходная вода)	1 (3 ПДК)*	2 (6 ПДК)	3 (9 ПДК)
Cu	0,0019	0,0011	0,0041	0,0071
Zn	0,004	0,026	0,056	0,086
Pb	0,0064	0,2936	0,5936	0,8936
Cd	0,002	0,013	0,028	0,043

\*ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Вода, отобранная из водного объекта, расположенного на территории экополигона, исследовалась на общее микробное число. Исследования проводились по стандартной методике. Результаты эксперимента приведены в таблице 5.

Количество колоний, выросших на чашках Петри, равняется числу микробов, содержащихся в 1 мл исследуемой воды (т.к. одна бактерия образует одну колонию).

**Таблица 5 – Результаты исследования воды на общее микробное число**

Варианты опыта	Концентрация ТМ в воде, мг/л	Количество колоний			
		1	2	3	Среднее количество
1	Контроль	280	303	338	307 ± 1,11
2	3 ПДК	28	29	29	29 ± 0,02
3	6 ПДК	20	19	27	22 ± 0,15
4	9 ПДК	14	18	16	6 ± 0,12

Как видно из таблицы, во всех трех повторностях наблюдается резкое уменьшение количества колоний, выросших на чашках, при увеличении концентрации вносимых металлов. Причем, начиная с концентрации 3 ПДК, общее микробное число снижается на порядок, что свидетельствует о гибели различных видов микроорганизмов, наиболее чувствительных к данным концентрациям. Проведенный анализ экспериментальных данных показал, что между степенью загрязнения воды водного объекта и количеством бактерий существует обратная сильная взаимосвязь, о чем наглядно свидетельствует значение коэффициента корреляции ( $r = -0,8$ ). Тяжелые металлы, находясь в воде в концентрациях начиная с 3 ПДК, вызывают гибель большинства микроорганизмов, что может негативно отразиться на самоочищающей способности водоема.

### **Заключение**

Проведенные комплексные исследования важнейшего компонента ландшафта Окского бассейна – малой реки, свидетельствуют о значительной антропогенной нагрузке на ее экосистему, обусловленной сельскохозяйственной деятельностью, о чем свидетельствует повышенное содержание ТМ в поверхностных и грунтовых водах и гидробиологические показатели. Таким образом, на ландшафтах Окского бассейна, где находится значительное количество подобных водоемов и агроландшафтов, являющихся источниками загрязняющих веществ, складывается потенциально опасная экологическая ситуация.

### **Список литературы**

1. Безднина, С.Я. Экосистемное водопользование: концепция, принципы, технологии / С.Я. Безднина. – М.: Изд-во «Рома». 1997. – 137 с.
2. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Рязанской области в 2003 году. – Рязань, 2004. – 210 с.
3. Евсенкин, К.Н. Комплекс экологических исследований на экополигоне в бассейне р. Оки / К.Н. Евсенкин, Ю.А. Мажайский, Т.М. Гусева // Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы: Всерос. науч.-практ. конф. – Рязань, 1998. – С. 94–95.
4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1992.
5. Штыков, В.И. Методические основы защиты природных вод от загрязнения при эксплуатации транспортных магистралей / В.И. Штыков, Ш.Т. Даишев // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности: сб. трудов Междун. конгр. – Спб., 2000. – Т. 2. – С. 154–156.

## ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ МУХОВЕЦ

Максимова С.Е., Прибыловская Н.С.

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Я. Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь, ns-pribyl@yandex.ru

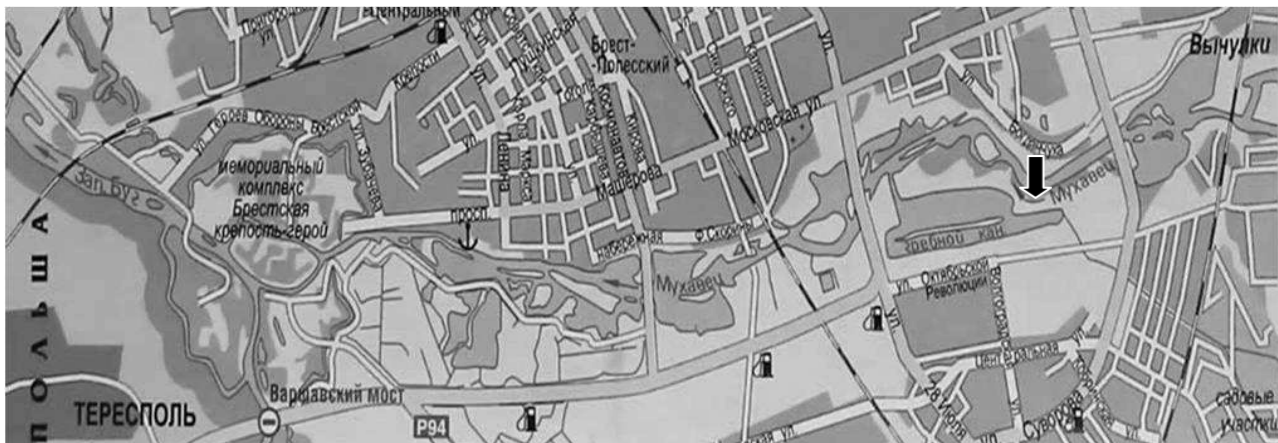
*We studied the phytoplankton of the river Mukhovets in 2013. Found 41 species of algae of 7 departments. 78 % of all species of algae are of 3 departments: Bacillariophyta, Chlorophyta and Cyanophyta. The low species diversity of phytoplankton river Mukhovets may indicate a high level of water pollution.*

### Введение

Альгофлористические исследования в настоящее время приобретают все большую актуальность. Значительное внимание уделяется исследованиям альгофлор водохранилищ и крупных рек, однако флоры малых рек, питающих водохранилища, практически не изучены. Вместе с тем обобщение и анализ данных по этим водным объектам позволили бы выявить не только флористическое богатство водорослей в разнотипных водоемах и водотоках, но и особенности экологии и распространения отдельных видов и групп водорослей.

### Основная часть

Гидробиологические исследования проводились на территории Республики Беларусь в Брестской области в городе Бресте на реке Муховец.



**Рисунок 1** – Расположение места отбора проб на карте

Примечание: ↓ – место отбора проб.

Река Муховец (Мухавец) – самый большой приток Западного Буга, впадающий справа. Протекает по территории Пружанского, Кобринского, Жабинковского и Брестского районов Брестской области. Начинается от слияния ручья Муха (правая составляющая) и канала Вец (левая составляющая) около города Пружаны. Длина 112,6 км [1].

Материалом для исследования послужили 12 качественных проб фитопланктона, которые отбирались на одной станции (рис. 1) два раза в месяц с



конца апреля до начала октября 2013 года с глубины прозрачности. Отбор проб, их концентрирование и определение видового состава проводили по классическим гидробиологическим методикам [2].

В результате проведенных исследований в фитопланктоне реки Муховец выявлен 41 вид водорослей, которые относятся к 25 родам, 18 семействам, 13 порядкам, 10 классам, 7 отделам.

Самый богатый по видовому разнообразию отдел – *Bacillariophyta* (включает 12 видов, что составляет 29 % от общего числа выявленных видов). На втором месте по видовому разнообразию находится отдел *Chlorophyta* (включает 11 видов, что составляет 27 % от общего числа видов). На третьем – *Cyanophyta*, который включает 9 видов (22 % от общего числа видов). Отделы *Cryptophyta* и *Euglenophyta* представлены 3 видами каждый (по 7 %). Отдел *Xanthophyta* представлен 2 видами (5 %), а отдел *Chrysophyta* – 1 видом (3 % от общего числа выявленных видов).

Таксономический список выявленных видов фитопланктона составлен нами по каталогу Т.М. Михеевой [3]. Таксономический анализ фитопланктона реки Муховец за период апрель – октябрь 2013 года представлен в таблице 1.

**Таблица 1** – Таксономическое разнообразие фитопланктона реки Муховец

Отдел	Класс	Количество			
		порядков	семейств	родов	видов
<i>Cyanophyta</i>	<i>Hormogoniophyceae</i>	2	2	2	7
	<i>Chroococcophyceae</i>	1	1	1	2
<i>Chlorophyta</i>	<i>Protococcophyceae</i>	1	5	6	8
	<i>Conjugatophyceae</i>	1	1	1	3
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Centrophyceae</i>	1	1	1	1
	<i>Pennatophyceae</i>	2	3	8	11
<i>Chrysophyta</i>	<i>Chrysophyceae</i>	1	1	1	1
<i>Xanthophyta</i>	<i>Xanthotrichophyceae</i>	1	1	1	2
<i>Cryptophyta</i>	<i>Cryptophyceae</i>	1	1	2	3
<i>Euglenophyta</i>	<i>Euglenophyceae</i>	2	2	2	3
<b>Всего</b>		<b>13</b>	<b>18</b>	<b>25</b>	<b>41</b>

Самой высокой видовой насыщенностью обладает класс *Pennatophyceae* (11 видов) из отдела *Bacillariophyta*. Следующими по видовой насыщенности являются классы: *Protococcophyceae* (8 видов) из отдела *Chlorophyta* и *Hormogoniophyceae* (7 видов) из отдела *Cyanophyta*.

В ходе проведения географического анализа фитопланктона реки Муховец установлено, что преобладающее количество видов водорослей является космополитами (57 %), бореальные виды составляют 12 %, голарктические виды – 7%. 5% выявленных видов фитопланктона не имеют четкой географической приуроченности.

По итогам проведенного экологического анализа фитопланктона исследуемой реки выделено три экологические группировки водорослей – планктонно-бентосные (44 %), планктонные (34 %), бентосные (22 %).

Анализ температурной приуроченности показал: 36 видов из 7 отделов не являются индикаторами, 2 вида из отдела *Euglenophyta* являются эвритермными (водоросли, существующие в широком температурном диапазоне), 3 вида – индифферентны (отдел *Bacillariophyta*) [2].

Анализ индикаторов по Ватанабе учитывает только выявленные диатомовые водоросли (12 видов). По отношению к органическому загрязнению 1 вид диатомей является сапрофилом, 2 вида – эврисапробами, 2 – сапроксенами, остальные не являются индикаторами органического загрязнения, что соответствует II-III классу качества воды и свидетельствует о мезотрофном уровне реки.

Индикация засоления исследуемой реки выявила: 25 видов – олигогалобы и 16 видов – не являются индикаторами засоления. Из олигогалобов 20 видов индифферентны, типично пресноводные, иногда встречающиеся в слегка солоноватых водах, 5 видов – галлофилы – преимущественно пресноводные, но распространенные также в водах с невысоким уровнем концентрации NaCl [4].

В 2007 году проводились комплексные гидробиологические исследования на реке Муховец в районах городов Кобрин и Брест [5, 6]. Разнообразие фитопланктонного сообщества реки составило тогда 77 видов. На отдельных створах таксономическое разнообразие варьировало от 17 до 22 видов и форм. Во время наших исследований (2013 год) в отдельных пробах было выявлено всего от 10 до 14 видов. Наибольшее число видов в фитопланктоне выявлено 28 июля – 14 видов из 6 отделов. С начала июля и до конца лета наблюдается наибольшее видовое разнообразие. Низкое таксономическое разнообразие фитопланктона при относительно большом представительстве сине-зеленых, криптофитовых и эвгленовых может свидетельствовать о высоком уровне загрязнения реки.

### **Заключение**

Таким образом, за вегетационный период 2013 года в фитопланктоне реки Муховец был выявлен 41 вид водорослей из 7 отделов. Самыми богатыми по видовому разнообразию фитопланктона являются отделы *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* и *Cyanophyta* (78 % всех выявленных видов). Видовое разнообразие фитопланктона реки Муховец соответствует III классу качества воды, что характеризует изменения в экосистеме как обратимые.

### **Список литературы**

1. Река Муховец [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://ribaku.3dn.ru/index/reka\\_mukhavec/0-93](http://ribaku.3dn.ru/index/reka_mukhavec/0-93) (30Кб) – 27.01.2013. – Дата доступа: 19.08.2013.
2. Садчиков, А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство / А.П. Садчиков. – М.: Университет и школа, 2003. – 157 с.
3. Михеева, Т.М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог / Т.М. Михеева. – Минск: Издательство БГУ, 1999. – 396 с.
4. Баринава, С.С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С.С. Баринава, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова. – Тель-Авив, 2006. – 498 с.
5. Мониторинг поверхностных вод [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: [http://minpriroda.by/dfiles/000477\\_738870\\_02\\_2008\\_1.pdf](http://minpriroda.by/dfiles/000477_738870_02_2008_1.pdf). – Дата доступа: 20.02.2013.
6. Природные воды. Состояние водных экосистем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ekolog.na.by/files/4.htm>. – Дата доступа: 20.02.2013.

## РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАТОПЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕЙ МЕЛИОРАТИВНОЙ СЕТИ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

**Марченко Ю.Д., Ненашев Р.А.**

Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник», г. Хойники, Республика Беларусь, umd66@yandex.ru

*In the following article the results of analyses of cesium-137 and strontium-90's content in the water, flooded areas' ground sedimentation which are situated in former reclamation project nearby Chernobyl NPP are represented. Also the estimation of radionuclides biological accessibility to the different biota representatives is given.*

### **Введение**

Мелиоративные системы, расположенные на территории зоны отчуждения Чернобыльской АЭС, входят в систему бассейнов р. Уж и его притоков, рек Несвич и Сахан и других, более мелких. Для предотвращения радиоактивного загрязнения р. Припять в 1986 – 1987 годах был выполнен комплекс водоохранных мероприятий. Проведено залужение водоохраной зоны водотоков, закрытие затворных заграждений, устройство шандорных заграждений, отсыпка перемычек на каналах, обвалование действующих водотоков. Тем не менее, несмотря на то, что в перечисленные мероприятия были вложены немалые средства, их роль в задержании выноса радионуклидов с загрязнённых территорий оказалась незначительной, фильтрующие плотины быстро заиливались и превращались в глухие. Это приводило к подтапливанию значительных по площади прилегающих территорий с высоким содержанием радиоактивных веществ в почвах, способствовало повышению растворимости и переходу обменных форм изотопов цезия и стронция в воду.

Кроме того, многие гектары осушенных земель подверглись вторичному заболачиванию. В результате поднялся уровень грунтовых вод, и на пойменных землях нарушился водный баланс, что привело к деградации как лесных массивов, так и почв.

Радиоэкологические мониторинговые исследования состояния мелиоративных систем показали, что после прекращения в послеаварийный период эксплуатации водохозяйственных объектов русла открытой осушительной и водопроводящей сети в сильной степени заросли болотной растительностью, а бермы и откосы деревьями и кустарниками. В результате деятельности животных (постройка бобровых плотин, протаптывание троп к водопою зубрами, лосями, кабанам и т.д.) каналы завалены деревьями, во многих местах образовались заторы, что увеличивает шероховатость русла. После перекрытия магистральных каналов плотинами образовались разливы, которые затопили целые мелиосистемы в районе бывшего населенного пункта Борщевка и Погонное.

В настоящее время экологические проблемы аквальных ландшафтов территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника достигли крупных масштабов и способны существенно влиять на состояние окружающей среды и на биоту, поэтому их изучение является одним

из важнейших направлений радиэкологического мониторинга. Проводимые мониторинговые исследования и наблюдения на данной территории являются научной основой природопользования и охраны окружающей среды. Комплексный мониторинг природной среды позволяет иметь объективные данные и следить за экологической обстановкой, эволюцией и деградацией природных комплексов, проявлением экстремальных процессов [1].

### Объекты и методы исследования

Объектами исследования выступают компоненты водных природно-территориальных комплексов ближней зоны аварии на Чернобыльской АЭС: вода, донные отложения, почва территорий водосбора, доминирующие виды высших водных растений, моллюсков, рыбы. В работе использованы радиэкологические и биологические методы, альфа-, бета- и гамма-спектрометрия. Радиэкологический мониторинг компонентов наземных и водных экосистем предусматривает наблюдение и контроль за радиационной обстановкой, содержанием и перераспределением радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ ) в водных и наземных экосистемах для оценки и прогноза общей радиэкологической обстановки.

### Результаты и их обсуждение

Для оценки уровня радиоактивного загрязнения территории водосбора проведено измерение мощности эквивалентной дозы  $\gamma$ -излучения (МД) на расстоянии 5 – 10 м от уреза воды вдоль береговой линии Борщевского затопления. Средняя величина МД на поверхности почвы составила 1,3 мк<sup>3</sup>/ч, коэффициент вариабельности измеренных значений равен 38 %. Концентрация  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в воде водоема колеблется в пределах 2–4 и 4–6 Бк/л соответственно, тем не менее, эта величина может изменяться в зависимости от сезона года, то есть значительно повышаться в период половодий и паводков, когда происходит активный смыв почвенного слоя с береговой линии [2].

Анализ содержания радионуклидов в донных отложениях Борщевского затопления показал, что плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  20-см слоя донных отложений существенно меньше, чем средний показатель для почв территории водосбора (таблица – 1).

**Таблица 1** – Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в донных отложениях затопления и почве прилегающей территории, кБк/м<sup>2</sup>

Объект исследований	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Донные отложения	891±161	121±34
Почва территории водосбора	2937±208	581±86

Наблюдаемые отличия, вероятно, обусловлены продолжающимися процессами перераспределения мобильных форм радионуклидов между донными отложениями и водной массой.

В формировании донных отложений затоплений следует отметить некоторые особенности по сравнению с другими водоемами заповедника. Прежде всего, это время их образования. Если в реках озерах и каналах слой осадков существовал до аварии на ЧАЭС, то в затоплениях, которые явились следствием перекрытия мелиоративных каналов, большая часть донных отложений появилась после аварии над залитыми лугами и залежными землями. Таким образом, если в других водоемах радионуклиды попадали в осадки при седиментации, сорбции и других вторичных процессах, то в затоплениях радионуклиды находились изначально на дне водоемов.

Сравнительная оценка биологической доступности радионуклидов проводилась путем анализа содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  у двух представителей высшей водной растительности: тростника обыкновенного (Cane) (*Phragmites australis* Cav.) и рогоза узколистного (Reedmace) (*Typha angustifolia* L.), брюхоногих моллюсков – прудовика обыкновенного (*Lymnaea stagnalis* L.), катушки (*Planorbidae*), а также трех видов рыб: карася серебряного (crucian) (*Carassius gibelio* L.), окуня (perch) (*Perca fluviatilis* L.), щуки (pike) (*Esox lucius* L.). Перечисленные виды являются типичными для акватории Борщевского затопления.

Анализ данных по накоплению радионуклидов гидробионтами показал, что несмотря на значительную вариабельность данных, в целом радиоактивное загрязнение  $^{137}\text{Cs}$  водных растений и моллюсков (суммарное количество в мягких тканях и раковине) находится на невысоком уровне (таблица – 2). Тем не менее, накопление этого радионуклида в мышечной ткани рыб превышает нормативные требования РДУ-99 (370 Бк/кг) в 4 – 8 раз.

**Таблица 2 – Содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в гидробионтах, Бк/кг сырой массы**

Вид образца	Содержание, Бк/кг сырой массы		Коэффициент накопления	
	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Тростник обыкновенный	206±22	210±73	76±8	42±15
Рогоз узколистный	80±27	1825±483	30±10	365±97
Прудовик	93±12	8440±1419	34±4	1688±284
Катушка	145±22	2667±293	54±8	533±59
Карась серебряный	1737±36	<100	643±13	<20
Окунь	1693±121	<100	627±45	<20
Щука	2994±423	<100	1109±157	<20

Накопление  $^{90}\text{Sr}$ , как правило, превышает накопление  $^{137}\text{Cs}$  у обследованных представителей макрофитов и брюхоногих моллюсков. Наиболее активным концентратором  $^{90}\text{Sr}$  является прудовик, в тканях и раковине которого соотношение  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  составляет в среднем 1/90. Наряду с этим загрязнение  $^{90}\text{Sr}$  мышечной ткани рыб зачастую не превышает 20 Бк/кг.

В таблице – 2 показаны значения коэффициентов накопления ( $K_n$ )  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  биотой, рассчитанные относительно содержания радионуклидов в воде. Следует отметить, что расчет коэффициентов накопления относительно загрязнения донных отложений нецелесообразен из-за того, что в настоящее время значительная доля радионуклидов в отложениях ассоциирована с топливными частицами [3] и недоступна для гидробионтов.

Результаты расчетов показали, что величины  $K_n$   $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  не зависят от конкретного места изъятия гидробионтов и различаются только исходя из особенностей биологического поглощения радионуклидов отдельными видами растений или животных. В целом, наибольшие значения  $K_n$   $^{137}\text{Cs}$  характерны для представителей ихтиофауны, причем максимума величина  $K_n$  достигает у хищных видов рыб (щука). Это подтверждают исследования, проводимые нами ранее [4, 5]. Относительно величин  $K_n$   $^{90}\text{Sr}$  можно отметить повышенную аккумуляцию этого радионуклида брюхоногими моллюсками и некоторыми представителями макрофитов (рогоз узколистный).

## Заключение

Проведенные исследования показали, что, несмотря на невысокую концентрацию  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в водах каналов и затоплений мелиоративной сети белорусского сектора ближней зоны Чернобыльской АЭС, в настоящее время наблюдаются значительные уровни накопления этих радионуклидов как донными отложениями, так и водными организмами. Тем не менее, распределение  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  по биотическим компонентам исследованных водных экосистем имеет различный характер и определяется, прежде всего, степенью их биодоступности. В целом, наибольшее накопление  $^{137}\text{Cs}$  свойственно хищным видам рыб (как животным-консументам 2 порядка). Максимумы накопления  $^{90}\text{Sr}$ , как правило, наблюдаются у различных представителей высшей водной растительности и бентоса. Существенное влияние на накопление  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  водной биотой оказывает доля их мобильных форм в почве водосборных территорий и донных отложениях. Особенностью радиоактивного загрязнения водоемов ближней зоны аварии на ЧАЭС является то, что удельная активность донных отложений обусловлена главным образом наличием в них топливных частиц. Процесс окисления и разрушения этих частиц в водной среде протекает в анаэробных условиях придонных слоев и характеризуется невысокой скоростью, по сравнению с аналогичными процессами в почве наземных экосистем. Очевидно, что со временем вторичное загрязнение радионуклидами компонентов водных экосистем зоны отчуждения за счет постепенного разрушения топливных частиц будет только увеличиваться. В этом аспекте особенно уязвимыми будут замкнутые, бессточные водоемы, какими являются перекрытые дамбами каналы и затопления бывшей мелиоративной сети ближней зоны Чернобыльской АЭС.

## Список литературы

1. Схема водохозяйственных мероприятий в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС на территории Республики Беларусь: отчет БЕЛГИПРОВОДХОЗ. – Минск, 1995. – С. 20.
2. Марченко, Ю.Д. Радиоактивное загрязнение Борщевского затопления / Ю.Д. Марченко, В.Л. Борисенко // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды: материалы II-ой Межд. науч.-практ. конф. (г. Гомель, 23 ноября 2012 года). – Гомель: БелГУТ, 2012. – С. 87–90.
3. Забродский, В.Н. Степень деструкции топливных частиц чернобыльского происхождения на территории ПГРЭЗ / В.Н. Забродский, Ю.И. Бондарь, В.Н. Калинин // Радиация и Чернобыль: наука и практика: материалы Междунар. науч. конф., 13–14 Октября. 2011. – Гомель: ИРБ НАН РБ, 2011. – С. 51–56.
4. Марченко, Ю.Д. Загрязнение  $^{137}\text{Cs}$  рыб водоемов ближней зоны Чернобыльской АЭС / Ю.Д. Марченко, Р.А. Ненашев // Экологическая культура и охрана окружающей среды: I Дорофеевские чтения: Межд. науч.-практ. конф. – Витебск: УО ВГУ им. П.М. Машерова, 2013. – С. 283–284.
5. Ненашев, Р.А. Особенности накопления  $^{137}\text{Cs}$  различными видами рыб водоемов зоны отчуждения Чернобыльской АЭС / Р.А. Ненашев, Ю.Д. Марченко, С.А. Калиниченко // Экологическая культура и охрана окружающей среды: I Дорофеевские чтения: Межд. науч.-практ. конф. – Витебск: УО ВГУ им. П.М. Машерова, 2013. – С. 287–288.

## ПРОБЛЕМЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ РЕЗУЛЬТАТОВ В МЕЛИОРАТИВНОЙ ПРАКТИКЕ

Мешик О.П., Зубрицкая Т.Е., Снитко Ю.О.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, mor@bstu.by

*This article examines the modern problems of hydrological calculations for land melioration.*

### Введение

Проектирование параметров мелиоративных систем и сооружений в Республике Беларусь регламентируется рядом нормативно-технических документов. В частности, для осушительных систем с площадью водосбора до 2,0 тыс. га расчетными расходами воды являются [1]: весеннее половодье обеспеченностью  $P=10\%$ ; дождевые паводки –  $P=10\%$ ; предпосевной –  $P=10\%$ ; среднемеженный –  $P=50\%$ . При площади водосбора 2,0 тыс. га и более в качестве расчетного принимается расход воды весеннего половодья  $P=25\%$ . При проектировании гидротехнических сооружений, в зависимости от их класса капитальности и расчетного случая (основной и поверочный), принимаемые обеспеченности расчетных расходов воды составляют  $P=0,01; 0,1; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 10\%$ . Существующая сеть гидрологического мониторинга в Республике Беларусь не в полном объеме обеспечивает потребности водохозяйственной отрасли, прежде всего проектирование мероприятий по реконструкции и строительству мелиоративных систем, расположенных на водосборах малых рек. В этой связи определение расчетных гидрологических характеристик осуществляется для случая отсутствия данных гидрометрических наблюдений. Объектами исследования в работе являются гидрографические характеристики водосборов малых рек Беларуси, расходы воды и модули стока расчетных расходов.

### Основная часть

Многими авторами объективно отмечаются сложности проведения гидрологических расчетов, связанные с нормативно-методической базой и неопределенностью отдельных параметров, используемых в физико-математических расчетных моделях [2 и др]. В Республике Беларусь основными нормативно-техническими документами, регламентирующими определение расчетных гидрологических характеристик, являются [3, 4].

В работе исследованы гидрографические характеристики и расчетные модули стока по 85 водосборам малых рек Беларуси. Гидрографические характеристики приняты по [5], с учетом последующих изменений и дополнений.

Согласно ТКП 45-3.04-168-2009 (02250) [3] расчетный максимальный расход воды весеннего половодья  $Q_P$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) заданной ежегодной вероятностью превышения  $P\%$  определяется по формуле

$$Q_P = \frac{K_0 \cdot h_P \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2}{(A+1)^{0.20}} \cdot A, \quad (1)$$

где  $K_0$  – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья;  $h_p$  – расчетный слой суммарного (без срезки грунтового питания) стока, мм, ежегодной вероятностью превышения ( $P$ );  $\mu$  – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды;  $\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер;  $\delta_1, \delta_2$  – коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды, соответственно, в залесенных и заболоченных водосборах;  $A$  – площадь водосбора,  $\text{км}^2$ .

Максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков 10%-ной обеспеченности определяется по формуле

$$Q_p = \frac{a_{10\%} \cdot \delta \cdot \lambda_p}{\Phi^{0,8}} \cdot A, \quad (2)$$

где  $a_{10\%}$  – параметр, характеризующий модуль максимального мгновенного расхода воды 10%-ной обеспеченности,  $A$  – площадь водосбора до расчетного створа,  $\text{км}^2$ ;  $\lambda_p$  – переходной коэффициент от максимальных расходов воды дождевых паводков, 10%-ной вероятностью превышения, к максимальным расходам другой вероятностью превышения,  $\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер,  $\Phi$  – морфологическая характеристика русла.

Расчетный расход среднемеженного стока  $Q_{\text{ср.меж}}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , определяется по формуле

$$Q_{\text{ср.меж}} = \bar{q}_{\text{меж}} \cdot A, \quad (3)$$

где  $\bar{q}_{\text{меж}}$  – средний многолетний модуль среднемеженного стока,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ ,  $A$  – расчетная площадь водосбора,  $\text{км}^2$ .

Согласно Пособию к СНиП 2.01.14-83 [4] расчетный расход воды предпосевого периода  $Q_p$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) заданной ежегодной вероятностью превышения  $P\%$  определяется по формуле

$$Q_{10\%} = A_{10\%}^m \cdot A \cdot \delta_A \cdot \delta_{(Aб+Al)} \cdot \delta_{оз} \cdot \delta_{\Delta T} \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

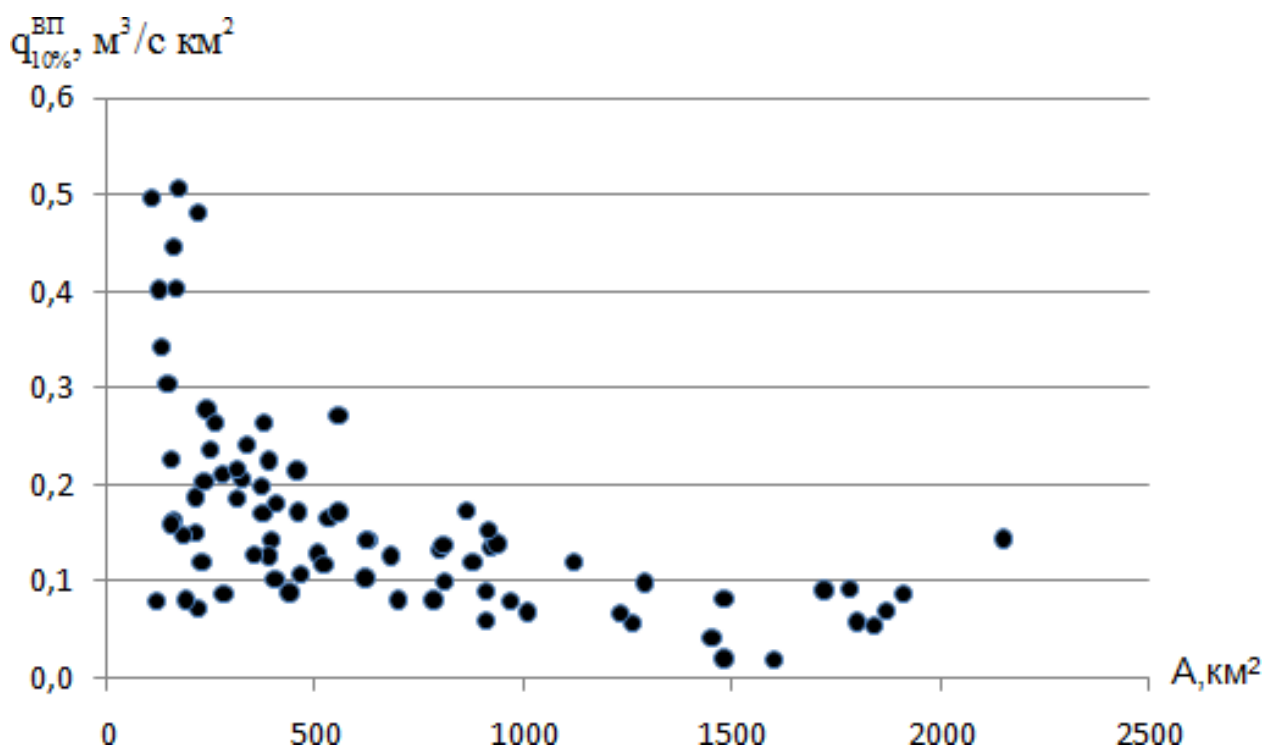
где  $A_{10\%}^m$  – параметр, представляющий собой модуль предпосевого стока с единицы площади водосбора,  $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ ;  $A$  – площадь водосбора до расчетного створа,  $\text{км}^2$ ;  $\delta_A$  – коэффициент, отражающий возрастание модуля предпосевого стока с увеличением площади водосбора;  $\delta_{(Aб+Al)}$  – коэффициент учета влияния заболоченности и лесистости;  $\delta_{оз}$  – коэффициент учета влияния озерности;  $\delta_{\Delta T}$  – коэффициент, учитывающий неодновременность схода снега по водосбору.

Расчеты модулей стока весеннего половодья обеспеченности  $P=10\%$ , показали их значительную пространственную изменчивость (таблица 1). Наибольшие значения приходятся на северо-восток Беларуси, наименьшие – на юго-запад. Основными динамическими характеристиками, определяющими модуль стока, являются: озерность, заболоченность, залесенность. Площадь водосбора также существенно влияет на величину модуля стока (рисунок 1). При уменьшении площадей модули стока уменьшаются. Эта тенденция имеет место, как для отдельно взятых водосборов малых рек, так и для всей исследуемой территории.



**Таблица 1 – Модули стока весеннего половодья обеспеченности  $P=10\%$  по бассейнам рек Беларуси**

Бассейн реки	$q_{10\%}^{вп}, \text{ м}^3/\text{с км}^2$
Западная Двина	0,10-0,49
Днепр	0,04-0,51
Неман	0,02-0,17
Западный Буг	0,02-0,08



**Рисунок 1 – Зависимость модуля стока весеннего половодья от площади водосбора**

Необходимо отметить, что модули стока весеннего половодья не имеют четкой дифференциации, как по бассейнам рек, так и по гидрологическим районам Беларуси.

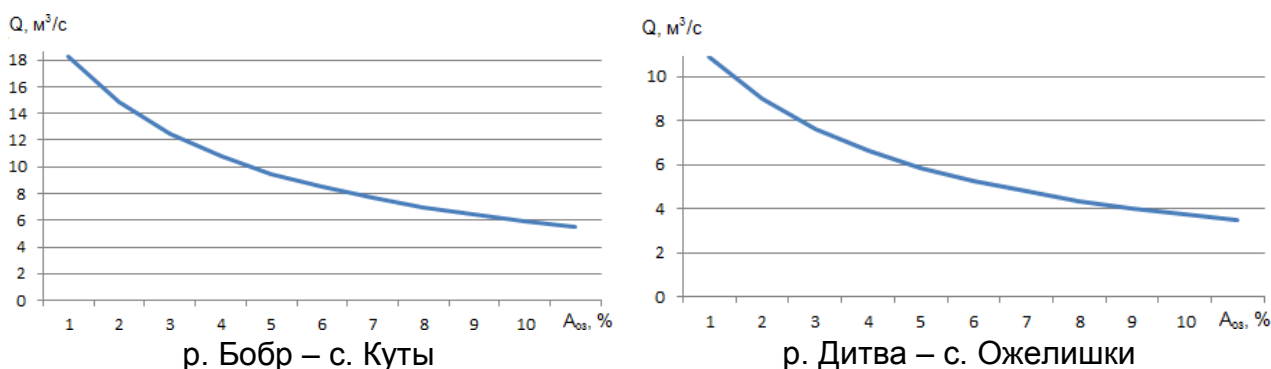
Расчитанные и представленные в таблице 1 модули стока, на наш взгляд, несколько завышены. Основные гидрографические характеристики, входящие в расчетные зависимости, определены в 60-70-80-х годах 20 века и по многим водосборам устарели. В частности, крупномасштабные мелиоративные мероприятия привели к существенному снижению площади заболоченности, увеличению озерности за счет строительства большого количества прудов и водохранилищ. По некоторым водотокам изменились площади их водосборов. Отмечается рост лесистости территории Беларуси во второй половине 20 века (около 7–8 %) [6]. Проследить динамику изменения расходов воды весеннего половодья в зависимости различных сценариев изменения озерности, заболоченности, залесенности можно на примере водосбора р. Бобр – с. Куты (таблица 2).

**Таблица 2 – Динамика расходов воды весеннего половодья обеспеченности  $P=10$  % в р. Бобр – с. Куты в зависимости от различных сценариев изменения гидрографических характеристик водосбора**

Озерность, %	↑	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Залесенность, %	↑	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
Заболоченность, %	↑	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Расход воды, м <sup>3</sup> /с		98,9	77,8	63,5	53,2	45,5	39,4	34,6	30,7	27,5	24,8	22,5
Озерность, %	↑	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Залесенность, %	↑	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
Заболоченность, %	↓	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Расход воды, м <sup>3</sup> /с		98,9	82,5	71,5	61,5	53,9	47,9	43,1	39,2	35,8	33,0	30,6
Озерность, %	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Залесенность, %	↓	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38
Заболоченность, %	↓	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Расход воды, м <sup>3</sup> /с		98,9	102,4	106,2	106,7	107,2	107,8	108,3	108,9	109,5	110,1	110,7
Озерность, %	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Залесенность, %	↓	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38
Заболоченность, %	↑	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Расход воды, м <sup>3</sup> /с		98,9	96,6	94,4	92,4	90,5	88,7	87,0	85,5	84,0	82,6	81,3
Озерность, %	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Залесенность, %	↑	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
Заболоченность, %	↓	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Расход воды, м <sup>3</sup> /с		98,9	101,5	104,3	103,9	103,4	103,0	102,6	102,2	101,8	101,4	101,0

Для большинства сценариев изменения гидрографических характеристик водосбора имеет место снижение расходов воды (таблица 2). Причем для наиболее вероятного ретроспективного сценария (увеличение озерности и залесенности, снижение заболоченности) изменение характеристик в пределах 3-4 % приводит к значительному уменьшению расходов воды (на 30-35 м<sup>3</sup>/с и более) и модулей стока, что фактически уже произошло.

Модули стока дождевых паводков обеспеченности  $P=10$  % имеют значительно меньшую пространственную изменчивость и составляют 0,01-0,09 м<sup>3</sup>/с км<sup>2</sup>. Аналогично весеннему половодью их снижению способствует увеличение озерности и, собственно, бóльшая площадь водосбора. На рисунке 2 показаны зависимости расходов воды ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с при  $P=10$  %) от озерности ( $A_{оз}$ , %).



**Рисунок 2 – Графики зависимости  $Q=f(A_{оз})$**

Практически для всех исследуемых водосборов отмечается тенденция уменьшения максимальных расходов воды весеннего половодья и дождевых паводков в контексте изменения гидрографических характеристик.

Модули предпосевного стока обеспеченности  $P=10\%$  изменяются по исследуемой территории в пределах  $0,01-0,06 \text{ м}^3/\text{с км}^2$ . По отдельным водосборам они превышают соответствующие модули стока дождевых паводков.

Модули среднемеженного стока обеспеченности  $P=50\%$  находятся в пределах  $0,0015-0,0060 \text{ м}^3/\text{с км}^2$ , районированы по территории Беларуси [4] и могут использоваться в практических расчетах. Увеличение площади водосбора не влияет на величины модулей стока предпосевного и среднемеженного периодов.

### **Заключение**

1. Отсутствие современных данных о гидрографических характеристиках водосборов малых рек Беларуси предполагает проведение дополнительных гидрологических изысканий при разработке проектов мелиоративных систем.

2. Комплексное мелиоративное освоение земель привело к уменьшению заболоченности и увеличению озерности водосборов, в результате чего расчетные модули стока весеннего половодья и дождевых паводков снизились.

2. Изменения гидрографических характеристик (озерности, заболоченности, залесенности водосборов) в пределах нескольких процентов приводят к статистически значимому изменению модулей стока весеннего половодья и дождевых паводков.

3. В виду существенного влияния площади водосбора на величины модулей стока, целесообразно при районировании территории Беларуси проводить дифференцированную оценку модулей стока весеннего половодья и дождевых паводков по площадям водосборов: до  $500 \text{ км}^2$ ,  $500-1000 \text{ км}^2$ , более  $1000 \text{ км}^2$ .

### **Список литературы**

1. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования: ТКП 45-3.04-8-2005 (02250) – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2006.

2. Рождественский, А.В. Современная проблема инженерных гидрологических расчетов по обобщению гидрологической информации в России и пути ее решения / А.В. Рождественский, А.Г. Лобанова // Метеорология и гидрология. – 2011. – № 7. – С. 81–95.

3. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения: ТКП 45-3.04-168-2009 (02250). – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2010.

4. Определение расчетных гидрологических характеристик = Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Пособие к строительным нормам и правилам: П1–98 к СНиП 2.01.14–83 // Введ. 01.08.1999. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2000.

5. Основные гидрологические характеристики (за 1971-1975 гг. в весь период наблюдений). – Л.: Гидрометиздат, 1978. – Т. 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – 504 с.

6. Природная среда Беларуси / Национальная академия наук Беларуси, Институт проблем использования природных ресурсов и экологии; под ред. В.Ф. Логинова. – Минск: НООО «БИП-С», 2002. – 424 с.

## ОСОБЕННОСТИ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА МНОГОТОННАЖНЫХ ОТХОДОВ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА В КОНТЕКСТЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

**Михальчук Н.В., Дашкевич М.М., Михальчук С.Н., Галуц О.А.**

Государственное научное учреждение «Полесский аграрно-экологический институт Национальной академии наук Беларуси», г. Брест, Республика Беларусь, [dpp@tut.by](mailto:dpp@tut.by)

*The main agrochemical properties of defecate and conveyor washing sludge as a waste of sugar manufacture, promising for use in agriculture are investigated. It is shown that the main obstacle to widespread application of the conveyor washing sludge is its pollution by heavy metals of the first hazard class – lead and cadmium. Discover the causes of pollution and ways to solve the problem.*

### **Введение**

В современной структуре природопользования Белорусского Полесья сохранение плодородия сельскохозяйственных земель, восстановление нарушенных и деградированных почв, рациональное обращение с отходами производства и других сфер хозяйственной деятельности являются ключевыми эколого-экономическими проблемами. В настоящее время значительная часть сельскохозяйственных земель региона подвержена ветровой эрозии, химическому загрязнению, на больших площадях наблюдаются процессы деградации осушенных торфяно-болотных почв. В то же время в регионе скопились отвалы в сотни тысяч тонн дефеката и прочих отходов, перспективных к применению для восстановления или поддержания почвенного плодородия, достижения противоэрозионных и иных эффектов.

Особенно актуальным является использование карбонатосодержащих отходов в агроэкосистемах, подверженных загрязнению тяжелыми металлами (ТМ). Многочисленные литературные данные указывают на то, что наиболее действенным и надежным способом инактивации ТМ в почвах и снижения поступления их в растения является применение известьсодержащих мелиорантов и обогащение почв органическим веществом [1, 2]. Так, в работе [3, с. 307] подчеркивается, что «снижение кислотности почв путем известкования, применение органических удобрений... и других агрохимических приемов снижают поступление токсичных ТМ в растения в несколько раз. По существу эти агрохимические средства позволяют на загрязненных ТМ почвах получать экологически безопасную продукцию растениеводства».

В настоящее время существует обширный набор известковых мелиорантов, однако в Республике Беларусь доминирующим их видом по объемам применения является доломитовая мука. Это связано с наличием в республике огромных запасов разведанного доломитового сырья (около 729,0 млн. т), а также присутствием в его составе наряду с кальцием также и магния, недостаток которого негативно сказывается на процессы развития культурных растений, особенно на легких почвах [4]. В то же время в последние годы в связи с широким применением доломитовой муки произошло повышение средневзвешенного

содержания магния в пахотных почвах республики до уровня 211 мг/кг; на 20,8% площадей отмечается высокое, зачастую избыточное его содержание (более 300 мг/кг) [5]. Кроме того, резко возросла стоимость доломитовой муки и стал ощущаться недостаток бюджетных средств, выделяемых на известкование.

Одним из способов удешевления работ по известкованию кислых почв и решения проблемы снижения миграционной активности ТМ является использование местных дешевых известковых мелиорантов. Среди их перечня более широкое применение может получить дефекат (осадок фильтрационный). Являясь отходом свеклосахарного производства, он может применяться с более высокой экономической эффективностью (в отдельных случаях до трех раз), чем доломитовая мука.

К числу радикальных методов улучшения свойств почв, особенно нарушенных и эродированных, относится гумусовая мелиорация (землевание), которая восстанавливает мощность гумусового горизонта и оптимизирует агроэкологическое состояние почв [6]. В этой связи особый интерес представляет еще один вид отходов свеклосахарной промышленности – транспортерно-моечный осадок из карт-накопителей полей фильтрации.

В то же время, в случае применения отходов сахарного производства в качестве мелиорантов и почвоулучшающих добавок концентрация токсикантов в них не должна превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных для почв. Данное обстоятельство диктует необходимость тщательного исследования вещественного состава данных категорий отходов.

### **Объекты и методы проведения исследований**

В качестве объектов исследования выступали осадок фильтрационный (дефекат) как побочный продукт (вторичный ресурс) в сахарном производстве и транспортерно-моечный осадок из карт-накопителей полей фильтрации ОАО «Жабинковский сахарный завод» как отход свеклосахарного производства. Предмет исследований – вещественный состав указанных отходов.

Образцы подвергали количественному анализу на содержание ТМ методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе SOLAAR MkII M6 Double Beam AAS; при исследовании лаверных вод дополнительно применялся прибор AAS PERKIN ELMER Model 3300. Экстрагирование подвижных форм ТМ осуществлялось 1М HNO<sub>3</sub>. Определения pH, содержания гумуса и макроэлементов проводились методами, описанными в работе [7]; содержание карбонатов – [8].

### **Результаты и обсуждение**

Сахарная промышленность среди перерабатывающих отраслей агропромышленного комплекса является наиболее материалоемкой – объем сырья и вспомогательных материалов, используемых в производстве, в несколько раз превышает выход готовой продукции. Она же является источником многотоннажных отходов производства и вторичных ресурсов.

Отходы сахарного производства включают: транспортерно-моечный осадок (ТМО), отсеv, недопал или пережог известняка, шлаки котельной (в случае применения твердого топлива), производственные сточные воды, дымовые газы котельной. Вторичными ресурсами в сахарном производстве являются свекловичный жом, меласса и осадок фильтрационный.

*Осадок фильтрационный (дефекат)* – побочный продукт сахарной промышленности, образуется в процессе очистки диффузионного сока, включающем предварительную и основную дефекацию, I и II сатурации, сульфитацию и промежуточные фильтрации сока.

Ориентировочное количество фильтрационного осадка на ОАО «Жабинковский сахарный завод» после достижения предприятием мощности по переработке 10,0 тыс. тонн сахарной свеклы в сутки (2015 г.) будет в пределах 5,13% к массе перерабатываемой свеклы или 60,5 тыс. т. Полученный в процессе производства дефекат обычно выдерживают в отстойниках от 1 до 2 лет, после чего используют для известкования или нейтрализации кислых почв. В этом качестве дефекат эффективнее, к примеру, применяемого для тех же целей молотого известняка, так как включает элементы питания растений. Однако дефекат в настоящее время используется далеко не в полной мере, учитывая его потенциальные свойства.

Результаты химического анализа дефеката показали, что содержание карбонатов в нем составляет 72,88 %, органического вещества – 7,74, гумуса – 2,07 %, общего азота – 0,28 %, подвижного фосфора – 0,19%. Зольность данного вида отходов составляет в среднем 92,27 %, относительная влажность – 39,04 %, pH 9,27.

Необходимость применения дефеката на кислых почвах обусловлена прежде всего дефицитом в них такого важного для жизнедеятельности полезной микрофлоры элемента, как кальций.

Определенную опасность от применения отходов в качестве удобрений и мелиорантов вызывают различные ксенобиотики, которые в них содержатся и могут накапливаться в почве и растениях в избыточных количествах. Анализ показывает, что данный вид отходов содержит в пересчете на абсолютно сухое вещество около 0,33 мг/кг свинца, 10,13 – меди, 27,75 – хрома, и 0,12 мг/кг кадмия (таблица 1).

**Таблица 1** – Содержание тяжелых металлов в фильтрационном осадке (дефекате), мг/кг абсолютно сухого вещества

Элемент	Содержание ТМ, мг/кг абс. сухого вещества			
	проба №1	проба №2	проба №3	среднее значение
Свинец, Pb	-	-	0,99	0,33
Кадмий, Cd	0,06	0,19	0,12	0,12
Медь, Cu	6,90	7,34	16,14	10,13
Марганец, Mn	28,20	22,75	42,71	31,22
Цинк, Zn	2,12	2,06	7,66	3,95
Железо, Fe	66,84	32,52	34,84	44,73
Никель, Ni	0,07	0,42	0,29	0,26
Кобальт, Co	-	-	0,58	0,19
Хром, Cr	38,44	24,16	20,65	27,75

*Транспортерно-моечный осадок.* При уборке на свекле остается некоторое количество прилипшей земли. При гидротранспорте и мойке свеклы земля отмывается и на очистных сооружениях улавливается в виде осадка. ТМО выкачивается на земляные отстойники полей фильтрации промышленных стоков, где накапливается и обезвоживается. После проведения реконструкции ОАО «Жабин-

ковский сахарный завод» количество осадка ориентировочно составит 48,0 тыс. т за сезон (в пределах 4% к весу перерабатываемой свеклы). По мере заиливания карт осадком, карта отключается для полного обезвоживания и высыхания. После этого с карты осадок вывозится на площадку временного хранения.

В результате проведенных анализов ТМО установлено, что его качественный состав при использовании в виде почвоулучшающей добавки выгодно отличается от свойств дефеката. Так, содержание гумуса выше в 1,7 раза, фосфора – в 11,0 раз (292,0 мг/кг против 26,5 мг/кг), калия – в 6,9 раза (1195,0 мг/кг против 173,5 мг/кг), общего азота – в 1,4 раза. Показатель рН близок к оптимальным для почв значениям (7,56); содержание карбонатов достигает 30% и более.

В то же время зафиксированы значительные превышения содержания ТМ, особенно относящихся к первому классу опасности. Так, средняя концентрация свинца превышает 45,0 мг/кг при допустимом для почв уровне 10 мг/кг (превышение в 4,5 раза), кадмия – 1,19 (при ПДК (ОДК) 0,2) – превышение в 6 раз (таблица 2).

**Таблица 2 – Содержание подвижных форм тяжелых металлов в транспортерно-моечном осадке, мг/кг абс. сухого вещества.**

Элемент	Содержание ТМ, мг/кг абс. сухого вещества				
	проба №1	проба №2	проба №3	проба №4	среднее значение
Свинец, Pb	86,58	46,49	26,62	20,48	45,04
Кадмий, Cd	0,82	3,07	0,51	0,34	1,19
Медь, Cu	21,26	37,53	15,07	9,34	20,80
Марганец, Mn	105,34	141,89	100,14	83,32	107,67
Цинк, Zn	60,81	39,41	27,81	27,43	38,87
Железо, Fe	3795,72	5112,78	2474,69	2479,15	3465,59
Никель, Ni	3,71	5,80	2,59	1,64	3,44
Кобальт, Co	0,96	1,44	0,79	0,57	0,94
Хром, Cr	3,86	4,89	4,66	7,76	5,29

Данное обстоятельство диктует необходимость строгого контроля за накоплением указанных ТМ в почвах и растениеводческой продукции в случае использования ТМО в качестве почвоулучшающей добавки (мелиоранта), а также выяснения основных источников загрязнения ТМО опасными поллютантами.

В общем стоке промышленных сточных вод избыточные транспортерно-моечные воды с осадком из отстойников составляют примерно 90%. При этом их основными загрязнителями является прилипшая к корнеплодам почва и вещества, вымываемые из поврежденных корнеплодов. По утверждению службы главного инженера предприятия, другие сточные воды не оказывают существенного влияния на химический состав осадка сточных вод, образующегося в картах-накопителях. В этой связи делается вывод, что разделения потоков сточных вод, сбрасываемых на поля фильтрации, не требуется.

Вместе с тем, основываясь на значениях концентрации свинца в осадке, смываемом со свеклы (5,78-7,93 мг/кг подвижная форма и 7,49-10,3 валовое содержание), а также в кожуре и тканях свеклы (не более 1,9 мг/кг) (таблица 3), ожидаемый уровень накопления данного элемента в ТМО из карт-накопителей полей фильтрации не должен превышать 10 мг/кг. Следовательно, свекла, а также смываемые с ее поверхности вещества не могут выступать в качестве основного источника загрязнения ТМО металлами.

**Таблица 3 – Содержание тяжелых металлов в сырье и материалах, используемых в технологическом процессе сахарного производства**  
**ОАО «Жабинковский сахарный завод»,**  
**воздушно-сухой материал, мг/кг (экстрагент 1М HNO<sub>3</sub>)**

Сырье и материалы		Zn	Cu	Mn	Pb	Cd	Ni	Co	Cr	
Известковый камень	M	5,15	1,01	28,76	7,58	0,17	0,25	0,32	43,36	
	Me	5,34	0,98	26,46	7,50	0,18	0,25	0,32	41,69	
	x min	1,97	0,47	10,57	4,43	0,07	0,09	0,19	40,84	
	x max	9,92	1,58	43,38	9,95	0,25	0,41	0,44	47,92	
	σ	2,39	0,34	9,18	1,89	0,06	0,16	0,13	2,51	
	V	0,46	0,34	0,32	0,25	0,39	0,64	0,40	0,06	
Известковый камень обожженный (CaO)	M	19,20	-	73,47	49,04	1,98	4,42	-	82,84	
	Me	15,11	-	70,76	32,32	2,60	4,42	-	83,86	
	x min	14,20	-	35,40	24,08	0,11	1,44	-	71,95	
	x max	28,28	-	114,26	90,73	3,22	7,40	-	92,72	
	σ	6,06	-	27,19	27,79	1,24	2,98	-	7,26	
	V	0,32	-	0,37	0,57	0,63	0,67	-	0,09	
Известковое молоко (Ca(OH) <sub>2</sub> )	M	10,33	3,09	80,19	10,26	-	2,26	-	65,33	
	Me	10,33	3,09	80,19	10,26	-	2,26	-	65,33	
	x min	8,68	2,85	66,76	9,35	-	1,81	-	65,32	
	x max	11,97	3,33	93,62	11,17	-	2,70	-	65,33	
	σ	1,65	0,24	13,43	0,91	-	0,45	-	0,01	
	V	0,16	0,08	0,17	0,09	-	0,20	-	0,00	
(Ca(OH) <sub>2</sub> )		11,22	4,25	85,87	11,67		3,65	1,55	97,17	
Сахарная свекла	внутр. ткань	24,63	1,77	40,24	1,48	0,02	0,21	0,10	1,47	
	поверхност. слой	37,94	4,79	45,15	1,85	0,04	0,74	0,37	3,85	
Осадок, смываемый со свеклы (транспортный осадок)	подвиж.	M	9,36	2,95	171,08	6,82	0,21	0,84	0,47	1,72
		Me	9,34	3,03	174,31	6,74	0,25	0,80	0,47	1,16
		x min	6,74	2,48	151,91	5,78	0,09	0,64	0,19	0,98
		x max	11,99	3,35	187,01	7,93	0,30	1,09	0,75	3,02
		σ	1,76	0,32	12,78	0,74	0,08	0,16	0,28	0,87
		V	0,19	0,11	0,07	0,11	0,39	0,19	0,60	0,50
	вал.	M	52,57	3,65	213,72	8,90	0,47	3,80	1,47	12,10
		Me	52,57	3,65	213,72	8,90	-	3,80	-	12,10
		x min	52,27	3,52	207,76	7,49	-	3,72	-	11,74
		x max	52,86	3,78	219,68	10,30	-	3,87	-	12,46
		σ	0,29	0,13	5,96	1,41	-	0,08	-	0,36
		V	0,01	0,04	0,03	0,16	-	0,02	-	0,03

Однако, на наш взгляд, существуют веские основания полагать, что приоритетным источником поступления ТМ в ТМО являются известковые материалы, применяемые в технологическом процессе сахарного производства. Известно, что для получения извести и газа на предприятии имеются 2 известково-обжигательные печи. В таких печах обжигается известковый камень, который затем гасится водой в специальном аппарате, а полученное известковое молоко, согласно технологической схеме, направляется на дефекаторы. Полученный при обжиге извести печной газ охлаждается и промывается водой. Образуется лаверная вода с температурой около 30° С, которая содержит некоторое количество углекислого газа, сажи, золы, серной кислоты.



Нами установлено, что содержание Pb в известковом камне составляет 7,6 мг/кг (таблица 3). В процессе обжига камня в известково-обжигательных печах (температура обжига около 1 000 °С) образуется обожженный известковый камень (СаО), содержание Pb в котором увеличивается в 6,5 раз и достигает 49 мг/кг. При этом изменение концентраций иных элементов-загрязнителей, относящихся к числу приоритетных исходя из валового их содержания в известковом камне, гораздо менее существенно: увеличение Cr с 43,4 до 82,8 мг/кг (в 1,9 раза); Zn с 5,2 до 19,2 мг/кг (в 3,7 раза). В известковом молоке, получаемом при гашении СаО, концентрация Pb снижается до 10,3 мг/кг (т.е. в 4,8 раза), тогда как Cr – в 1,3 и Zn – в 1,9 раза. Следовательно, Pb при высокотемпературных обработках (превращениях) известкового материала отличается большей лабильностью. Некоторое его количество может улетучиваться, а при промывке печного газа, образующегося при обжиге извести, накапливаться в лаверной воде, как в растворенном состоянии, так и в адсорбированном виде на взвесах.

Проведенный анализ лаверной воды двумя независимыми лабораториями полностью подтверждает данное предположение (таблица 4). Так, на фоне незначительного загрязнения лаверной воды большинством элементов контрастно выделяются концентрации именно Pb. Его содержание в отфильтрованной лаверной воде в 3,7–7,8 раза превышает ПДК, установленные для хозяйственно-питьевых водосточников. С учетом кислоторастворимых взвесей, адсорбирующих Pb, количество данного элемента может достигать 0,8 мг/л, что более чем в 26 раз превышает нормативы. Существенно превышает уровень ПДК и содержание Cd.

**Таблица 4** – Содержание тяжелых металлов в воде газопромывателя (лаверная вода) ОАО «Жабинковский сахарный завод», мг/л

Дата отбора проб	Лаборатория, оборудование	Матрица	Zn	Cu	Mn	Pb	Cd	Ni	Co	Cr
23.12.2013	А	2	0,045	0,024	0,187	0,763	0,020	0,015	0,055	0,046
	Б		0,033	0,030	0,224	0,768	0,012	0,004		0,009
10.01.2014	А	1	0,021	0,002	0,104	0,137	0,002	0,005	0,031	0,043
		2	0,019	0,008	0,107	0,247	0,010	0,005	0,032	0,046
	Б	1	0,010	0,007	0,123	0,112	0,001	0,001		0,001
		2	0,014	0,006	0,108	0,233	0,003	0,001		0,002
ПДК	хозяйственно-питьевая		1,0	1,0	0,10	0,03	0,001	0,1	0,1	0,005
	рыбохозяйственная		0,01	0,001	0,001	0,10	0,005	0,01	0,01	0,001

*Примечание:* А – лаборатория ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси», AAC SOLAAR MkII M6 Double Beam; Б – ГУ «Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды», AAC PERKIN ELMER Model 3300; 1 – вода отфильтрованная, 2 – вода с растворенным HNO<sub>3</sub> осадком.

Довольно значительные различия концентраций элементов в двух анализируемых пробах объясняются тем, что вода газопромывателя может использоваться неоднократно и с разным количеством циклов оборота.

По всей видимости, схема загрязнения транспортерно-моечного осадка ТМ выглядит следующим образом.

Согласно перечню оборотных вод, на ОАО «Жабинковский сахарный завод» существует обратная система водоснабжения лаверных вод известково-обжигательных печей. Вместе с тем, в перечне производственных сточных вод к их числу отнесены также «воды газопромывателя». В категорию сточных вод они попадают после их многократного повторного использования при газопромывке и последующего сброса непосредственно в производственную канализацию. При этом кратность повторного использования существенно варьирует, о чем свидетельствует неравномерность загрязнения лаверной воды (в моменты ее отбора) примесями сажи и золы и, соответственно, свинцом, адсорбированным на их поверхности.

Загрязненные производственные сточные воды, осадок из сооружений механической очистки транспортерно-моечной воды (вертикальных и радиальных отстойников) накапливаются в сборнике производственных сточных вод и далее насосами перекачиваются на очистные сооружения естественной биологической очистки – поля фильтрации промышленных стоков. Здесь осуществляется механическая и биологическая очистка вод с одновременным испарением и фильтрацией, в результате чего содержание ТМ в подсыхающем осадке резко увеличивается.

Таким образом, следует особо подчеркнуть, что схема отвода транспортерно-моечных вод совместно с остальными промышленными стоками, в результате чего происходит загрязнение тяжелыми металлами, в первую очередь свинцом, образующегося ТМО, не является рациональной. Она переводит в разряд проблематичной возможность использования ТМО в качестве плодородного грунта (слоя) или удобрения на пахотных землях. Примечательно, что раздельное удаление названных сточных вод рекомендуется Ведомственными нормами технологического проектирования свеклосахарных заводов (ВНТП 03-91, Москва).

ОАО «Жабинковский сахарный завод» следует реализовывать схему очистки наиболее загрязненных промышленных стоков на локальных очистных сооружениях и обеспечить раздельный от других стоков отвод транспортерно-моечной воды с соответствующим. Учитывая, что предлагаемые мероприятия направлены на обеспечение экологически безопасного использования одного из наиболее многотоннажных отходов сахарного производства и не противоречат планируемой деятельности в рамках реконструкции ОАО «Жабинковский сахарный завод», в т.ч. и по разделу «очистка транспортерно-моечной воды», они должны быть осуществлены в кратчайшие сроки.

### **Выводы**

Осадок фильтрационный (дефект) и транспортерно-моечный осадок относятся к числу многотоннажных отходов сахарного производства и отличаются выгодными свойствами, определяющими возможность их широкого использования в сельском хозяйстве в качестве мелорантов для известкования кислых почв и гумуссирования их низкобонитетных аналогов. Является целесообразным использование дефектата сахарных заводов Беларуси в качестве мелиоранта кислых почв, а также в качестве вещества, пассивирующего миграционную активность большинства ТМ. Ограничивающим фактором активного применения ТМО является его загрязнение ТМ первого класса опасности – свинцом и кадмием. Это вызвано сложившейся практикой совместного сброса транспортерно-моечных вод и промышленных стоков на карты-накопители полей фильтрации очистных сооружений

ОАО «Жабинковский сахарный завод». Основным источником загрязнения сточных вод свинцом и кадмием являются воды газопромывателя (лаверные воды) 2-х известково-обжигательных печей.

ОАО «Жабинковский сахарный завод» в рамках проводимой до 2015 г. реконструкции предприятия следует реализовывать схему очистки наиболее загрязненных промышленных стоков на локальных очистных сооружениях и обеспечить отдельный от иных промышленных стоков отвод транспортно-моечной воды с соответствующим осадком, что позволит избежать загрязнения ТМО тяжелыми металлами и широко использовать данный субстрат в качестве плодородного грунта (слоя) или удобрения на пахотных землях.

### **Список литературы**

1. Головатый, С.Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С.Е. Головатый. – Минск, 2002. – 240 с.
2. Черныш, А.Ф. Мониторинг земель / А.Ф. Черныш. – Мн.: БГУ, 2003. – 98 с.
3. Минеев, В.Г. Экологические функции агрохимических средств в агробиосистемах: в кн.: Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере / В.Г. Минеев. – М.: Наука, 2003. – С. 301 – 312.
4. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Мн.: Беларус. навука, 2007. – 390 с.
5. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. / В.Г. Гусаков [и др.]; под ред. В.Г. Гусакова. – Минск, 2010. – 106 с.
6. Волощук, М.Д. Реконструкция склоновых земель, пораженных оврагами / М.Д. Волощук. – Кишинев: Картя молдовеняскэ, 1986. – 256 с.
7. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина – М., 1961. – 491 с.
8. Щербина, В.Н. О методике массового определения карбонатности осадочных пород / В.Н. Щербина // Труды Института геологических наук. 1958. – Вып. 1 – С. 131–144.

УДК 628.316

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФЛОКУЛЯЦИИ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Мусина С.А., Зельдова А.И., Красногорская Н.Н., Малкова М.А.,  
Платонова И.М.**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа, Россия, musinasa@gmail.com

*The article considers the flocculation parameters experimental investigations. These investigations are intended to improve the treatment technology of the metal-containing wastewater of the galvanic (electroplating) production. The obtained results permitted to develop a number of practical recommendations for specialists engaged in this field.*

Анализ экологической ситуации последних лет на территории Российской Федерации свидетельствует о том, что количество поступающих в окружающую среду сточных вод от промышленных предприятий остается весьма значительным. Действующие очистные сооружения большинства машиностроительных предприятий введены в эксплуатацию более 40 лет назад и являются крупными источниками загрязнения окружающей среды из-за сброса в поверхностные водные объекты недостаточно очищенных сточных вод гальванических производств, содержащих ионы тяжелых металлов. Гальванические покрытия применяются для повышения коррозионной стойкости, износоустойчивости и улучшения декоративного вида изделий. Их наносят водными растворами или растворами расплавленных солей с помощью электрического тока, при этом неизбежно образуются токсичные сточные воды, содержащие тяжелые металлы, которые нельзя сбрасывать без очистки в водоемы и канализацию, а очистка их обычными механическими и биохимическими методами невозможна [1].

С развитием промышленности, повышением требований к качеству и внешнему виду изделий наблюдается и интенсивное развитие гальванической техники. При этом увеличивается и количество сточных вод, подлежащих эффективному обезвреживанию и очистке, поэтому изучение представленной темы является актуальным.

Существующие технологии очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, в частности реагентный метод, который реализован на 95 % предприятий РФ, не обеспечивают нормативное качество воды для сброса не только в водоемы, но и в канализационную сеть. При этом полная реконструкция очистных сооружений подобных предприятий требует высоких капитальных затрат. В этой связи необходим выбор наиболее простого и экономически выгодного способа повышения эффективности очистки сточных вод гальванических производств, а именно интенсификация работы действующих очистных сооружений машиностроительных предприятий с применением существующего оборудования или с их минимальной реконструкцией [2].

К перспективным методам очистки сточных вод относятся флокуляционные, сорбционные, мембранные, окислительные [3]. Выбор технологии очистки зависит в первую очередь от свойств сточных вод и отклонений их от свойств природных вод. Данные по составу сточных вод после реагентной очистки одного из машиностроительных предприятий РФ, сбрасываемых в общезаводскую канализацию, (таблица 1), свидетельствуют о высоком содержании взвешенных веществ (~ 300 мг/л) в очищенном стоке.

**Таблица 1** – Состав сточных вод после реагентной очистки, сбрасываемых в канализацию (мг/л) [1]

Показатель	Пределы изменения концентраций	Среднемноголетнее
pH	6,7 – 11,0	7,7
Взвешенные вещества	5,0 – 3380,0	273,9
Fe <sub>общ</sub>	0,06 – 87,8	6,3
Ni <sup>2+</sup>	0,001 – 9,3	0,31
Zn <sup>2+</sup>	0,01 – 2,1	0,17
Cu <sup>2+</sup>	0,005 – 1,69	0,09
Cr <sup>3+</sup>	0,01 – 1,03	0,06
Cd <sup>2+</sup>	0,001 – 0,081	0,008
Pb <sup>2+</sup>	0,002 – 0,091	0,040

Поскольку взвешенные вещества, удаляемые из сточных вод, представляют собой преимущественно по составу гидроксиды или основные соли металлов, то очевидно, что низкая эффективность реагентного метода очистки связана с проскоком взвешенных веществ на стадиях отстаивания и фильтрации.

Высокое содержание взвешенных веществ в очищенных сточных водах связано с их полидисперсностью и наличием мелкодисперсных частиц. По справочным данным [5], размер частиц взвешенных веществ в сточных водах после реагентной обработки лежит в диапазоне 0,5 – 100 мкм, причем значительная часть частиц имеет размер менее 10 мкм, скорость осаждения которых меньше 0,1 мм/сек.

Одним из эффективных способов интенсификации реагентной технологии очистки металлсодержащих сточных вод является использование высокомолекулярных флокулянтов. Основным назначением флокулянтов является увеличение размера частиц за счет образования полимерных мостиков из ассоциатов молекул флокулянта, и как следствие, повышение эффективности очистки воды механическими методами (фильтрованием, отстаиванием, флотацией) [6].

Использование флокулянтов на разных стадиях очистки промышленных сточных вод позволяет повысить качество очищенной воды и увеличить пропускную способность очистных сооружений без значительных капитальных затрат. Применение флокулянтов позволяет решить актуальные проблемы для многих действующих предприятий машиностроения, например повышение способности осадка к обезвоживанию, снижение коррозийной активности воды, исключение или уменьшение вторичного загрязнения очищенной воды продуктами гидролиза солей алюминия или железа и т.д. Однако флокуляционная обработка сточных вод является сложным многофакторным процессом, на эффективность которого влияют свойства обрабатываемой воды, свойства флокулянтов и технология их применения, что создает значительные трудности при его оптимизации.

Выбор наиболее эффективного флокулянта обычно осуществляется экспериментальным путем с учетом накопленного опыта очистки аналогичных типов сточных вод. Так, для сточных вод гальванических производств после реагентной обработки целесообразно исследовать эффективность высокомолекулярных органических катионоактивных флокулянтов марок Praestol и Besfloc, имеющих низкую стоимость и хорошо зарекомендовавших себя в очистке металлсодержащих сточных вод машиностроительных предприятий. В литературе имеются также сведения о положительных результатах испытаний на промышленных сточных водах таких флокулянтов, как Floram и Envifloc [7].

Подбор оптимального флокулянта производится в лабораторных условиях по общепринятой методике пробного коагулирования [8] в стандартных цилиндрах (50 мл), по кинетике отстаивания после этапов смешения и хлопьеобразования. Оптимальным должен быть флокулянт с высокой скоростью хлопьеобразования и осаждения, приводящий к минимальному количеству осадка и высокой прозрачности осветленного слоя воды. Следовательно, определяющими параметрами являются время отстаивания взвешенных веществ, скорость их осаждения.

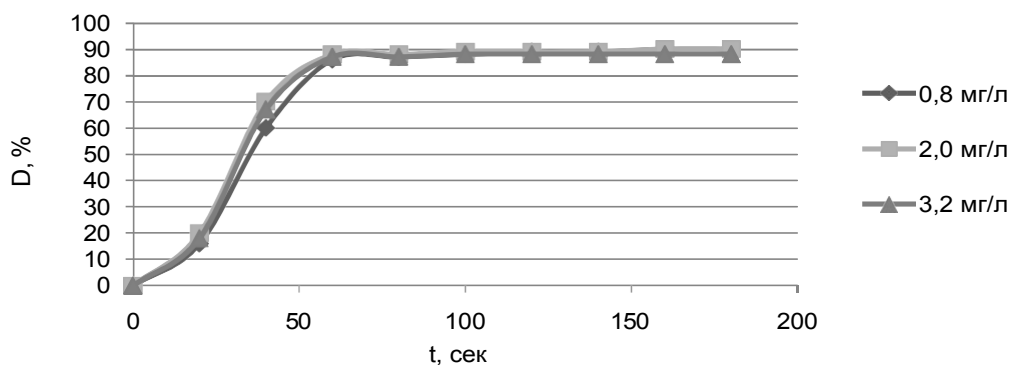
По результатам серии экспериментов были отобраны по 3 разновидности промышленных образцов флокулянтов марок Praestol (Праестол), Besfloc (Бесфлок), Floram (Флорам), Envifloc (Энвифлок), показавших наилучшие результаты, характеристики которых представлены в таблице 2.

Для проведения экспериментов готовились рабочие растворы флокулянтов с начальной концентрацией 0,1%, которые затем применялись в виде сильно разбавленных водных растворов (0,01%). Практическая часть заключалась в исследовании сточной воды (с известным содержанием взвешенных веществ) с помощью введения разного количества рабочего раствора флокулянта (0,01% масс.) в лабораторные цилиндры объемом 50 мл и перемешивания стеклянной мешалкой в течение 30 сек при 180 об/мин. При этом наблюдалось образование крупных рыхлых хорошо оседающих хлопьев. После окончания перемешивания происходило лавинообразное осаждение осадка (в течение 3-х минут все сфлокулированные частицы оседали на дно цилиндра). В этой связи для исследования кинетики отстаивания взвешенных веществ после окончания перемешивания, образовавшиеся хлопья оставляли оседать в течение 3-х минут, фиксируя при этом через каждую минуту значения объема осветленного слоя с помощью шкалы цилиндра. В течение этого времени велось визуальное наблюдение за эффективностью отстаивания, процессом образования хлопьев, размером хлопьев и высотой образующегося осадка.

**Таблица 2** – Характеристики исследуемых катионоактивных флокулянтов [9,10,11,12]

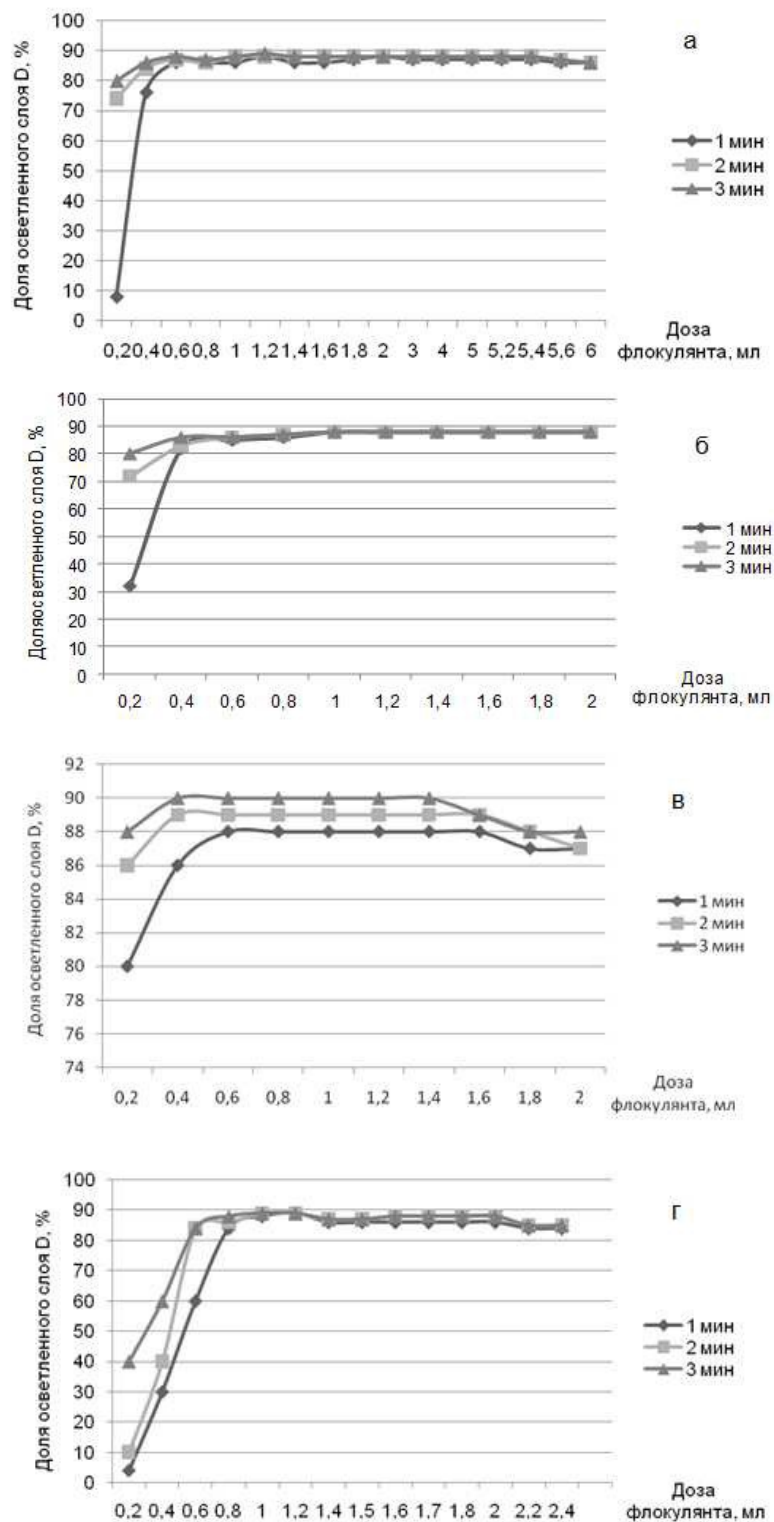
Торговая марка флокулянта	Разновидности марок флокулянтов	Страна производитель	Приблизительная молекулярная масса, млн.	Катионная активность
Praestol (Праестол)	611 DC	Россия – Германия	6 – 9	средняя
	853 BC			сильная
	854 BC			оч. сильная
Besfloc (Бесфлок)	K6635P	Ю. Корея	8 – 10	средняя
	6729			сильная
	K510CA			оч. сильная
Floram (Форам)	FO 4550SH	Франция	13 – 15	сильная
	FO 4440SH			сильная
	FO 4490SSH			сильная
Envifloc (Энфифлок)	4255y	Германия	9 – 10	средняя
	4265w			сильная
	4769			оч. сильная

Дальнейший анализ объема осветленного слоя (после 3 минут) нецелесообразен, поскольку существенного изменения объема осветленного слоя не происходит (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Зависимость доли осветленного слоя (D, %) суспензии шлама от времени отстаивания (t) и концентрации флокулянта Envifloc 4769

Как видно из рисунка 1, процесс отстаивания идет лавинообразно и практически завершается за 3 мин, при дальнейшем отстаивании происходит лишь медленное уплотнение нижнего слоя. После первой, очень быстрой стадии осветления, длительностью 1–2 мин, которая соответствует доле осветленного слоя от 6 до 89% об., наблюдалась вторая, более медленная стадия, продолжающаяся в течение 30 мин, на которой доля осветленного слоя достигала 90% об.



а – Praestol 611DC; б – Besfloc K510CA; в – Envifloc 4769; г – Flopam FO 4550SH

**Рисунок 2** – Зависимость доли осветленного слоя (D, %) суспензии шлама от дозы флокулянта и времени отстаивания

На рисунке 2 представлены полученные кривые зависимости доли осветленного слоя суспензии шлама от дозы для исследуемых флокулянтов. При определении оптимальной дозы флокулянта следует учитывать тот установленный нами факт, что с увеличением концентрации флокулянта скорость отстаивания взвешенных веществ сначала существенно возрастает, однако при дальнейшем увеличении концентрации флокулирующий эффект практически не меняется, а с достижением критической концентрации насыщения наблюдается стабилизация системы.

Поскольку определение оптимальной дозы каждого флокулянта, обеспечивающей высокое качество очищенной воды, основанное лишь на визуальной оценке степени осветления сточных вод, не может являться адекватным результатом, то для подтверждения полученных данных была проведена серия дополнительных экспериментов по определению показателя прозрачности осветленного слоя. Для этого определенный объем осветленной сточной воды с одной и той же глубины отбирался из каждого цилиндра и после взбалтывания наливался в цилиндр Снеллена [8], отградуированный по высоте в сантиметрах, с прозрачным плоским дном. Полученные результаты для каждого исследуемого флокулянта приведены в таблице 3.

**Таблица 3 – Результаты оценки прозрачности осветленного слоя сточной воды, обработанной флокулянтам**

Концентрация флокулянта, мг/л Марка флокулянта	Прозрачность, см					
	0,4	0,8	1,2	1,6	2	< 2,4
Praestol 611 DC	3	5,3	6,7	8,2	9,7	13,5
Besfloc K510CA	4,7	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
Envifloc 4769	9	9,6	13,5	13,5	13,5	13,5
FO 4550SH	3	4,2	6	9,6	13,5	13,5

Одновременно фиксировались свойства и количество образующегося осадка, также свидетельствующие о правильности определения оптимальной дозы флокулянта. Для этих целей отобранную из цилиндров суспензию шлама фильтровали через предварительно взвешенный бумажный фильтр «синяя лента», измеряя при этом время фильтрования. Расчет массы осадка произведен по разнице масс бумажных фильтров с осадком и без него. Для флокулянта марки Envifloc 4769 полученные результаты исследования образующегося осадка сведены в таблицу 4.

Из полученных экспериментальных данных следует, что наиболее эффективным флокулянтам марки Praestol является 611DC, который при концентрации 10,8 мг/л увеличивает скорость седиментации взвешенных веществ в 66 раз; наиболее эффективная марка флокулянта Besfloc является K510CA, которая при содержании 2,4 мг/л увеличивает скорость седиментации взвешенных веществ в 72 раза; эффективным флокулянтам марки Envifloc из всех изученных разновидностей является марка 4769, которая при концентрации 2 мг/л интен-



сифицирует скорость седиментации взвешенных веществ в 86 раз; наиболее эффективным флокулянт марки Flopat является FO 4550SH, который при концентрации 1,6 мг/л увеличивает скорость седиментации взвешенных веществ в 66 раз.

**Таблица 4 – Характеристика осадка в зависимости от концентрации флокулянта Envifloc 4769**

Концентрация, мг/л	Масса осадка, г	Время фильтрации, мин	Характеристика осадка
0	0,1321	31	осадок с плотной мелкодисперсной структурой
0,6	0,1353	30	хорошоотделяемый рыхлый осадок с крупными хлопьями
0,8	0,1366	25	хорошоотделяемый рыхлый осадок с крупными хлопьями
1,0	0,1450	24	хорошоотделяемый рыхлый крупнодисперсный хлопьевидный осадок
1,4	0,1402	33	хорошоотделяемый рыхлый крупнодисперсный хлопьевидный осадок

Таким образом, на основании сравнения результатов оценки показателей качества сточной воды, обработанной флокулянт, может быть выбран один флокулянт из каждой марки, обеспечивающий наилучший флокулирующий эффект. Использование предложенного флокулянта при его оптимальной дозе обеспечивает достижение максимального эффекта осветления сточной воды при наименьшей продолжительности отстаивания, высокого показателя прозрачности при минимальном количестве осадка и высокой эффективности флокулирующего действия при максимальном значении константы скорости отстаивания (таблица 5).

**Таблица 5 – Результаты экспериментальных исследований флокулянтов**

Марка флокулянта	Оптимальная доза, мг/л	Эффективность, %	Прозрачность, %	Масса осадка, г	Время фильтрации, мин
Praestol 611DC	10,8	66,4	100	0,1403	20,1
Besfloc K510CA	2,4	71,9	100	0,1419	11,4
Envifloc 4769	1,0	86,3	100	0,1450	24,0
Flopat FO 4550SH	3,2	66,4	100	0,1500	15,3

Другим подтверждением полученных выше результатов является изучение фракционно-дисперсного состава взвешенных веществ в исследуемой сточной воде до и после обработки ее флокулянт. Дисперсный состав взвешенных веществ в очищенных сточных водах гальванического производства одного из машиностроительных предприятий РФ до и после использования флокулянтов был исследован методом микроскопии на микроскопе «Jeneval» (таблица 6).

**Таблица 6 – Фракционно-дисперсный состав взвешенных веществ в сточных водах гальванического производства до и после добавления исследуемых флокулянтов**

Размер частиц, мкм	Содержание частиц, %				
	Без флокулянта	Praestol 611DC	Floпам FO 4550SH	Envifloc 4769	Besfloc K510CA
< 0,5	39,4	5,3	30,7	11,8	30,0
0,5 – 1	27,9	26,3	28,4	32,7	34,5
1 – 1,5	22,4	35,1	27,9	27,6	17,4
1,5 – 2	9,1	22,8	7,6	13,2	15,8
2 – 2,5	1,2	5,3	3,5	11,8	2,3
> 2,5	-	5,2	1,9	2,9	-

Как видно из таблицы 6, исходная сточная вода в основном представлена мелкодисперсными взвешенными веществами размером менее 0,5 мкм (~ 40%) и частицами размером 0,5–1,5 мкм (50,3%). Однако при применении флокулянта Envifloc 4769 во взвешенных веществах доля частиц с размером < 0,5 мкм снизилась с 39,4% до 11,8%. После добавления флокулянта представленной марки основная часть взвешенных веществ представлена частицами с размером 0,5–1,5 мкм (60,3%), а доля частиц с размером 0,5–2 мкм составила 73,5%, 14,7% частиц имеют размеры более 2 мкм. Таким образом, применение катионоактивного флокулянта марки Envifloc 4769 для сточных вод гальванического производства увеличивает размер частиц взвешенных веществ и, как следствие, интенсифицирует процесс их отстаивания.

Представленные результаты подтверждают высокую эффективность, экономичность и экологическую безопасность интенсификации процесса очистки сточных вод путем совершенствования технологии очистки сточных вод гальванических производств с применением эффективных органических флокулянтов. Результаты лабораторных исследований позволили разработать ряд практических рекомендаций для специалистов предприятий.

### **Список литературы**

1. Зайнуллин, Х.Н. Утилизация осадков сточных вод гальванических производств [Текст] / Х.Н. Зайнуллин, В.В. Бабков, Д.М. Закиров, А.Н. Чулкова, Е.М. Иксанова – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – 272 с.: ил. – Библиогр.: с. 255-272. – ISBN 5-8216-0040-5.
2. Положение в машиностроительном комплексе России [Текст]. – М.: БИКИ, 2006. – № 55–56.
3. Алексеев, Е.В. Физико-химические методы – основа технологии очистки сточных вод от биорезистентных загрязнений [Текст] / Е.В. Алексеев, Ю.В. Воронов, С.Е. Алексеев // Вода: экология и технология: Тезисы / VI Международный конгресс. – М., 2004. – С. 757.
4. Синякова, М.А. Пути сокращения загрязнения природных вод тяжелыми металлами гальванических производств [Текст] / М.А. Синякова, И.В. Вольф // Вода: химия и экология – 2010. – № 3. – С. 6–9.
5. Тимонин, А.С. Инженерно-экологический справочник. [Текст] – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. – Т. 2.– 884 с.

6. Ахмедов, К.С. Водорорастворимые полимеры и их взаимодействие с дисперсными системами [Текст] / К.С. Ахмедов, Э.А. Арипов, Г.М. Вирская, Ф.Л. Глекель – Ташкент, 1969. – 250 с.

7. Аксенов, В.И. Водное хозяйство промышленных предприятий. Справочное издание. Книга 6. Флокулянты [Текст] / Под ред. В.И. Аксенова. – М.: Теплотехник, 2008. – 256 с.: ил. – ISBN 978-5-98457-069-5.

8. Гетманцев, С.В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами. Монография [Текст] / С.В. Гетманцев, И.А. Нечаев, Л.В. Гандурина – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 272 с.: ил. – ISBN 978-5-93093-573-8.

9. Флокулянты Praestol [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://promchim-service.ru/down>.

10. Флокулянты Besfloc [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.akvater.com>.

11. Флокулянты Flopat [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kntp.ru>.

12. Флокулянты Envifloc [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.envifloc.ru>.

УДК 614.76

## **ОЦЕНКА СВЯЗИ МЕЖДУ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ АТМОСФЕРЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОБУСЛОВЛЕННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ЖИТЕЛЕЙ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА**

**Назарова В.В.**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
г. Макеевка, Украина, [lera15@ukr.net](mailto:lera15@ukr.net)

*The results of the quantitative risk assessment of non-carcinogenic effects of air pollution in Makeevka are presented in the paper. The pattern of disease is presented and the results of risk assessment are compared with the statistical data on the incidence of the city's population. The paper identified the major diseases caused by the presence of pollutants in the air.*

### **Введение**

Оказывая воздействие на состояние окружающей среды, человек определяет, прежде всего, уровень экологического риска, то есть вероятность неблагоприятных для природной среды и человека последствий осуществления хозяйственной и иной деятельности.

Так, эксперты ВОЗ считают, что экологически обусловлены около 80% раковых заболеваний и 10–20% смертности населения земного шара. По данным отечественных исследователей, связь с действием канцерогенов окружающей среды установлена в 80–90% случаев злокачественных новообразований человека [1].

Эпидемиологические исследования показали, что длительное воздействие воздуха, загрязненного химическими веществами, увеличивает риск ишемической болезни сердца, особенно фатальных событий [2]. Выявлены значимые ассоциации частоты госпитализации больных по поводу всех респираторных, сердечно-сосудистых заболеваний, хронической обструктивной болезни легких и сердечной недостаточности с загрязнителями воздуха [3].

В атмосферном воздухе под влиянием антропогенных факторов и метеорологических условий происходит формирование полей концентраций примесей многих веществ, выбрасываемых различными предприятиями и автотранспортом. Для определения основных приоритетов проблемы и оптимизации стратегии управления окружающей средой Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) проводятся исследования, направленные на получение количественных оценок влияния на здоровье загрязненного воздуха, содержащего: взвешенные частицы, озон, диоксид серы и диоксид азота. Загрязнение атмосферного воздуха воды и почвы оказывает влияние главным образом на заболеваемость детей и взрослых новообразованиями, болезнями системы кровообращения и органов дыхания.

Принимать обоснованное решение о первоочередных мероприятиях по минимизации неблагоприятных воздействий на здоровье людей от загрязнений объектов окружающей среды позволяет оценка риска, которая в общем виде подразумевает процесс идентификации, оценки и прогнозирования негативного воздействия на окружающую среду и/или здоровье и благосостояние людей в результате функционирования промышленных и иных производств и объектов, которые могут представлять опасность для населения и окружающей среды [1].

Для характеристики регионального риска были использованы данные эпидемиологических исследований, а также данные о загрязнении окружающей среды г. Макеевки [4].

### **Риск заболеваемости населения экологически обусловленными заболеваниями**

Расчет и ранжирование риска заболеваемости производился на основании статистических данных о количестве заболеваний и численности населения в 2012 году с учетом того, что минимальным считается риск менее  $10^{-6}$ , низким – от  $10^{-6}$  до  $10^{-4}$ , средним – от  $10^{-4}$  до  $10^{-3}$ , высоким – более  $10^{-3}$ . Результаты расчетов риска экологически обусловленных заболеваний в различных возрастных группах населения г. Макеевки представлены в табл. 1–3.

**Таблица 1 – Риск заболеваемости детей первого года жизни экологически обусловленными заболеваниями в 2012 г.**

Порядок риска	Риск заболеваемости	Источник риска и причина
II	$5,93 \cdot 10^{-2}$	врожденные аномалии системы кровообращения
	$3,14 \cdot 10^{-2}$	заболевания крови и кроветворных органов
I	$8,09 \cdot 10^{-1}$	заболевания органов дыхания

**Таблица 2 – Риск заболеваемости экологически обусловленными заболеваниями среди детей от рождения до 14 лет в 2012 г.**

Порядок риска	Риск распространенности заболеваний	Источник риска и причина
IV	1,75 $\times$ 10 <sup>-4</sup>	заболеваемость хроническим бронхитом
III	8,46 $\times$ 10 <sup>-3</sup>	новообразования
	8,59 $\times$ 10 <sup>-3</sup>	заболеваемость бронхиальной астмой
II	2,53 $\times$ 10 <sup>-2</sup>	заболевания крови
	3,09 $\times$ 10 <sup>-2</sup>	хронические заболевания миндалин и аденоидов
	6,57 $\times$ 10 <sup>-2</sup>	заболевания системы кровообращения
	8,67 $\times$ 10 <sup>-2</sup>	нарушение обмена веществ, заболевания эндокринной системы
I	9,55 $\times$ 10 <sup>-1</sup>	заболевания органов дыхания

**Таблица 3 – Риск распространения экологически обусловленных заболеваний среди взрослого населения в 2012 г.**

Порядок риска	Риск распространенности заболеваний	Источник риска и причина
III	3,55 $\times$ 10 <sup>-3</sup>	заболеваемость бронхиальной астмой
	4,25 $\times$ 10 <sup>-3</sup>	инсульт
	4,15 $\times$ 10 <sup>-3</sup>	вегетососудистая дистония
	6,04 $\times$ 10 <sup>-3</sup>	заболевания крови
	4,56 $\times$ 10 <sup>-3</sup>	заболеваемость хроническим бронхитом
II	5,02 $\times$ 10 <sup>-2</sup>	новообразования
I	1,29 $\times$ 10 <sup>-1</sup>	нарушение обмена веществ, эндокринные заболевания
	1,36 $\times$ 10 <sup>-1</sup>	заболевания органов дыхания
	8,12 $\times$ 10 <sup>-1</sup>	заболевания системы кровообращения

В соответствии с системой критериев приемлемости риска выделяются четыре диапазона риска:

– первый диапазон значений риска – до  $1 \times 10^{-6}$  – уровень минимальный, пренебрежимо малый риск. Подобные риски не требуют дополнительных мероприятий по их снижению, и их уровни подлежат только периодическому контролю;

– второй диапазон значений риска – более  $1 \times 10^{-6}$ , но менее  $1 \times 10^{-4}$  – соответствует предельно допустимому риску, то есть верхней границе приемлемого риска, такие уровни риска подлежат постоянному контролю;

– третий диапазон значений риска – более  $1 \times 10^{-4}$ , но менее  $1 \times 10^{-3}$  – приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом;

– четвертый диапазон значений риска равный или более  $1 \times 10^{-3}$ , неприемлем ни для населения, ни для профессиональных групп.

Анализ данных заболеваемости населения г. Макеевка показывает, что в 2012 году сохранилась структура и порядок величин риска заболеваний, характерные для периода 2008-2011 гг. Наиболее высокий риск характерен для забо-

леваний органов дыхания, заболеваний крови и кроветворных органов, эндокринных заболеваний, новообразований. Значения риска для этих экологически обусловленных заболеваний лежит в интервале значений, которые характеризуют риск как неприемлемый и требующий мероприятий по его снижению.

Комплекс веществ, таких как диоксид азота, взвешенные вещества, оксид углерода и углеводороды, поступающие в атмосферу с выбросами промышленных предприятий, оказывает значимое влияние на заболеваемость населения региона язвенной болезнью, хроническим гастритом и общие патологии желудочно-кишечного тракта. Комбинированное влияние выбросов вредных веществ способствует заболеваемости населения болезнями кровообращения и крови, а также болезнями эндокринной системы, заболеваемостью хроническим бронхитом, пневмонией и болезнями миндалин.

В этой связи актуальной является проблема установления статистических связей между степенью заболеваемости населения и уровнем экологического риска, выявление причинной обусловленности факторами среды обитания онкологических, эндокринных заболеваний, заболеваний системы кровоснабжения и болезней органов дыхания у детей и взрослых в г. Макеевка.

#### **Характеристика связи между загрязнением атмосферы и экологически обусловленными заболеваниями**

Для оценки возможности влияния на возникновение некоторых заболеваний в г. Макеевка одних и тех же экологических причин были изучены взаимосвязи между пятью классами болезней: болезнями органов дыхания, новообразованиями, болезнями эндокринной системы, болезнями системы кровообращения, болезнями крови и кроветворящих органов, полученные на основе статистических данных по заболеваемости населения г. Макеевки. Результаты оценки представлены в табл. 4. Теснота связи оценивалась по шкале Чеддока (табл. 5).

**Таблица 4 – Корреляционные связи между болезнями**

$r_{12}=0,1$	$r_{13}=-0,1$	$r_{14}=-0,22$	$r_{15}=0,68$	$r_{23}=0,98$
$r_{24}=0,95$	$r_{25}=-0,43$	$r_{34}=0,98$	$r_{35}=-0,58$	$r_{45}=-0,62$

**Таблица 5 – Количественные критерии тесноты связи (шкала Чеддока)**

Коэффициент корреляции	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-0,9	0,9-1,0
Характеристика связи	слабая	средняя		сильная	
	слабая	умеренная	заметная	высокая	весьма высокая

На основании корреляционного анализа данных была установлена связь между указанными заболеваниями и оценена ее сила.

Слабая связь наблюдается между заболеваниями органов дыхания и системы кровообращения. Среднеумеренная связь наблюдается между новообразованиями и заболеваниями системы кровообращения. Среднезаметная связь прослеживается между заболеваниями эндокринной системы и системы кровообращения, а также между заболеваниями системы кровообращения и заболеваниями крови и кроветворных органов, между заболеваниями органов дыхания и заболеваниями крови.

Сильная связь зафиксирована между болезнями органов дыхания и эндокринными заболеваниями, органов дыхания, эндокринными болезнями и системы кровообращения.

Между рассматриваемыми классами болезней обнаружены корреляционные связи, что предполагает экологическую обусловленность этих заболеваний, то есть возможную обусловленность их возникновения от одних и тех же экологических факторов. Такими факторами могут являться загрязнения атмосферного воздуха города [5].

Для оценки статистических связей между загрязнением атмосферы города и количеством заболеваний рассматриваемых классов была исследована динамика изменения статистик (коэффициентов парной корреляции) между концентрациями приоритетных загрязнителей воздушного бассейна города и количеством взрослого заболевшего населения за период с 2005 по 2012 годы включительно. Загрязняющие вещества представлены пылью, диоксидом серы, диоксидом азота, оксидом углерода, фенолом и формальдегидом.

**Таблица 6 – Зависимость между объемами выбросов ЗВ и количеством заболеваний отдельных органов в г.Макеевке (коэффициенты парной корреляции)**

Загрязняющее вещество	Болезни органов дыхания	Новообразования	Болезни эндокринной системы	Болезни системы кровообращения	Болезни крови и кроветворящих органов
Пыль	0,10	-0,12	0,14	0,23	0,19
Диоксид серы	0,2	0,10	0,22	0,16	0,16
Оксид углерода	0,10	-0,41	-0,54	-0,56	-0,28
Диоксид азота	0,42	-0,10	0,53	0,46	0,10
Фенол	-0,03	-0,2	0,03	0,10	-0,10
Формальдегид	0,023	-0,23	-0,46	-0,48	-0,16

Анализ результатов оценки, представленных в табл. 6, показывает наличие следующих связей:

- наблюдается слабая связь между концентрацией **пыли** в воздухе и всеми рассматриваемыми классами заболеваний;

- концентрация **диоксида серы** в воздухе также слабо коррелирует с представленными классами болезней;

- наблюдается среднеумеренная связь между концентрацией **оксида углерода** и новообразованиями, а также среднезаметная связь между концентрацией последнего и болезнями системы кровообращения и крови. Связи с заболеваниями органов дыхания слабо выражены;

- концентрация **диоксида азота** слабо коррелирует с новообразованиями, наблюдается среднеумеренная связь между концентрацией диоксида азота и заболеваниями органов дыхания и крови и среднезаметная связь между его концентрацией и заболеваниями системы кровообращения;

- связи заболеваний с концентрацией **фенола** в воздухе выражены слабо (его концентрации в воздухе за исследуемый период не превышают ПДКсс);

- наблюдается слабая связь между концентрацией **формальдегида** в воздухе и заболеваниями органов дыхания, новообразованиями и среднеумеренная связь между заболеваниями системы кровообращения и крови.

Исследователи [6,7] отмечают, что для загрязнителей атмосферы характерно совокупное воздействие на организм человека, а потому корреляция между отдельными загрязнителями и заболеваемостью не дает исчерпывающей информации о связи загрязнения с заболеваниями.

Основным показателем степени загрязнения воздуха города является интегральный **индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)**, который был рассчитан для характеристики комплексного воздействия приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха.

ИЗА учитывает не только концентрации различных веществ, но и вредность их воздействия на здоровье:

$$\text{ИЗА} = \sum (x_i / \text{ПДК}_i)^{C_i},$$

где  $x_i$  – средняя за год концентрация  $i$ -го вещества,  $C_i$  – коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха  $i$ -ым веществом к степени загрязнения воздуха диоксидом серы, ИЗА – безразмерная величина.

Значения  $C_i$  составляют 0,85, 1,0, 1,3 и 1,5 для веществ 4, 3, 2 и 1 классов опасности соответственно. Диоксид серы относится по степени вредности к 3 классу опасности ( $C_i=1$ ).

Индекс загрязнения атмосферы позволяет представить суммарный уровень загрязнения воздуха в городе за год одним числом. Значение ИЗА показывает, какому уровню загрязнения в единицах ПДК диоксида серы соответствуют фактически наблюдаемые уровни, т.е. во сколько раз суммарный уровень загрязнения воздуха превышает ПДК диоксида серы. Вследствие того, что ИЗА рассчитывается по среднегодовым значениям концентраций вредных примесей он может быть показателем хронического воздействия загрязнения воздуха на здоровье населения [8].

Для взрослого населения, а также для детей в возрасте до 14 лет был выполнен корреляционный анализ (рассчитаны коэффициенты корреляции между ИЗА и заболеваемостью). Результаты оценки приведены в таблице 7.

Наблюдается среднеумеренная связь интегрального показателя загрязнения атмосферы с заболеваниями органов дыхания среди взрослого населения и с эндокринными заболеваниями в группе детей до 14 лет. Остальные связи можно охарактеризовать как слабые.

**Таблица 7** – Зависимость между интегральным индексом загрязнения атмосферы и количеством заболеваний отдельных органов в возрастных группах в г. Макеевка (коэффициенты парной корреляции) (2010–2012)

	Болезни органов дыхания	Новообразования	Болезни эндокринной системы	Болезни системы кровообращения	Болезни крови и кроветворящих органов
Взрослое население	0,36	-0,32	0,1	0,1	0,1
Дети до 14 лет	-0,99	-0,5	0,56	-0,95	-0,55

### Выводы

При анализе заболеваний населения города зафиксирована сильная связь между болезнями органов дыхания и эндокринными заболеваниями, органов дыхания, эндокринными болезнями и системы кровообращения. Уста-



новленные корреляционные связи свидетельствуют об экологической обусловленности заболеваний, то есть возможную обусловленность их возникновения от одних и тех же экологических факторов. Среди экологически обусловленных заболеваний лидируют заболевания органов дыхания, крови и кроветворных органов, эндокринные заболевания, новообразования.

Наибольший риск обуславливают такие вещества, как оксид углерода, диоксид азота, пыль. Для загрязнителей атмосферы характерно совокупное воздействие на организм человека, которое отражает интегральный показатель загрязнения атмосферы. Корреляционный анализ показал среднеумеренную связь интегрального показателя загрязнения атмосферы с заболеваниями органов дыхания среди взрослого населения и с эндокринными заболеваниями в группе детей до 14 лет. Остальные связи можно охарактеризовать как слабые.

Результаты оценки риска свидетельствуют о необходимости разработки и реализации мероприятий, направленных на уменьшение выбросов вредных веществ (в первую очередь, диоксида азота, оксида углерода, пыли), предприятиями города.

Приведенный анализ позволяет принять обоснованное решение о первоочередных мероприятиях по минимизации риска для здоровья людей, обусловленного техногенной нагрузкой на атмосферный воздух.

### **Список литературы**

1. Швыряев, А.А. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферы в исследуемом регионе: учебное пособие для вузов / А.А. Швыряев, В.В. Меньшиков. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 124 с.

2. Мешков, Н.А. Эпидемиологическое моделирование причинной обусловленности факторами среды обитания онкологических, сердечно-сосудистых заболеваний и болезней органов дыхания у детей и взрослых // Международный научно-исследовательский журнал: Екатеринбург – МНИЖ. – №7 (14) – Ч. 5, 2013 – С. 5–8.

3. Wong, Tze Wai Air pollution and hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases in Hong Kong / Tze Wai Wong, Lau Tai Shing, Yu Tak Sun, Neller Anne, Wong Siu Lan, Tam Wilson, Pang Sik Wing // Occup. and Environ. Med. – 1999. – V. 56, № 10. – P. 679–683.

4. Экология / Официальный сайт Makeевского городского совета, его исполнительных органов, городского головы – 2011. – Режим доступа: <http://cite-eerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.151.342&rep=rep1&type=pdf>. <http://www.makeyevka.dn.ua/ru/city-economy/ecology/>.

5. Зотова, Н.В. Исследование корреляционных связей между несколькими классами болезней населения Томской области / Н.В. Зотова, Г.В. Смирнов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники: ТУСУР – № 5 (13), 2006 – С. 107-109.

6. Кашина, В.Г. Анализ пространственно - временной связи загрязнения воздушного бассейна и заболеваний органов дыхания населения города Ижевска / В.Г. Кашина, И.Л. Малькова // Науки о земле – № 11, 2005. – С. 69– 75.

7. Безуглая, Э.Ю. Влияние загрязнения атмосферы на здоровье населения / Э.Ю. Безуглая, Е.К. Завадская // Труды ГГО. – 1998. – Вып. 549. – С. 171–199.

8. Безуглая, Э.Ю. Исследования загрязнения атмосферы и связи с влиянием их на здоровье населения / Э.Ю. Безуглая, Е.К. Завадская, Г.П. Расторгуева, И.В. Смирнова // Современные исследования Главной геофизической обсерватории: к 150-летию со дня основания: юбилейный сборник. – 1999. – Том 1. – С. 144–161.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГЛУБОКОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ АКТИВНОГО ИЛА ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

**Нездойминов В.И., Чернышев В.Н., Зятин В.И.**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Макеевка, Украина [vexaking@inbox.ru](mailto:vexaking@inbox.ru)

*The process of deep mineralization of excess activated sludge of city treatment facilities, by means of an extended aerobic-anaerobic treatment, studied the main factors affecting the system are defined and counted.*

### **Введение**

Классические биологические очистные сооружения не могут работать без активного ила. Именно с его помощью происходит биохимическое окисление органического вещества из сточных вод – непосредственно биологическая очистка. Активный ил – биоценоз зоогенных скоплений (колоний) бактерий и простейших организмов, которые участвуют в очистке сточных вод [1].

Соответственно, при протекании процесса очистки сточных вод в сооружениях биологической очистки поддерживается оптимальная концентрация активного ила. Но при этом активный ил, как и любые другие живые организмы, растет, избыток его нужно выводить, обезвоживать и утилизировать.

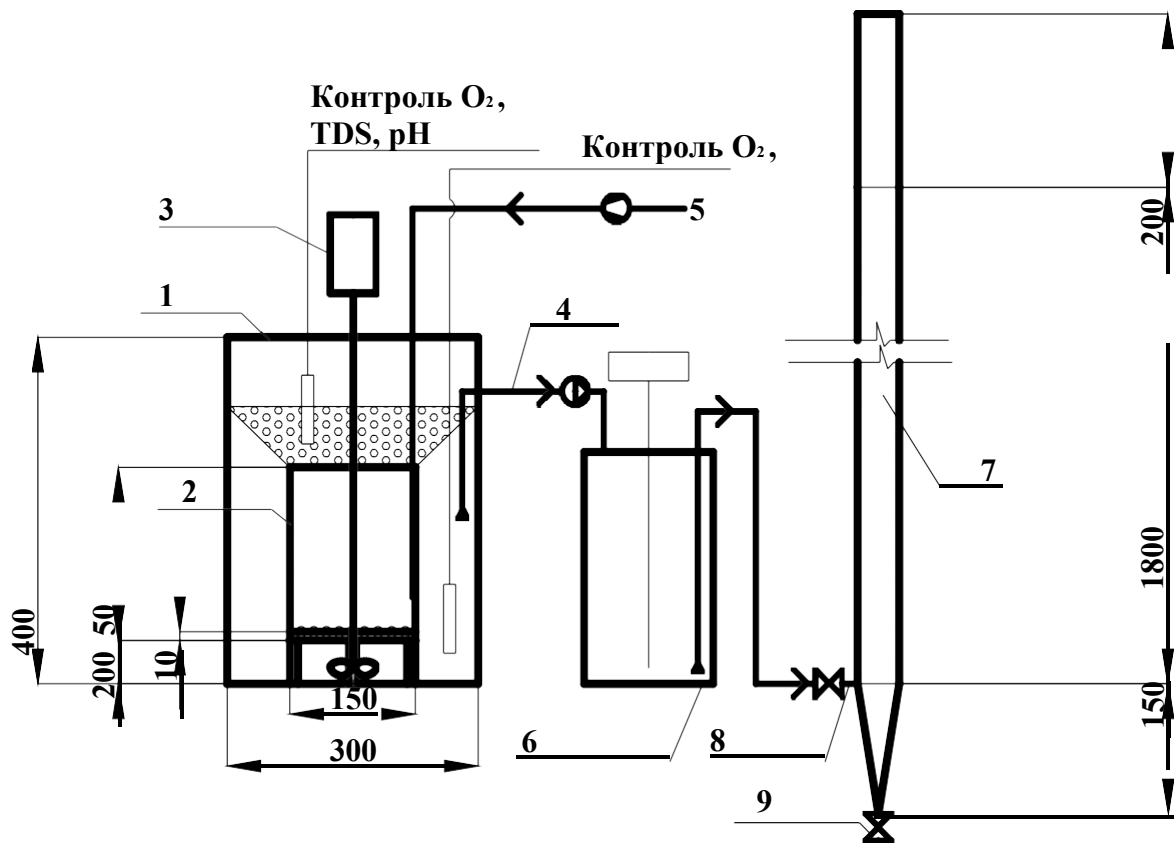
Активный ил содержит очень много белка и фосфора и без кислорода воздуха моментально загнивает. Поэтому его утилизация в более теплых и технологически развитых странах предполагает сбрасывание в метантенках с последующим обезвоживанием и уплотнением осадка [2]. Также активный ил является очень ценным удобрением, т.к. имеет в своем составе все вышеперечисленные компоненты, позволяющие эффективно повышать производительность сельскохозяйственной деятельности.

Тем самым возникает необходимость в усовершенствовании существующих и поиске и разработке новых существующих технологий обработки осадков хозяйственно-бытовых сточных вод, а конкретно – активного ила. Основной источник финансовых затрат существующих технологий обработки осадка сточных вод – это эксплуатация и содержание сооружений завышенного объема, также затраты на электроэнергию при транспортировке большого количества данных стоков. Кроме того, отведение значительного количества полезной площади города на складирование и стабилизацию обработанного осадка [3]. Поэтому основной целью данного исследования являлось подтверждение возможности минимизации объемов осадка от сооружений полной биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

### **Основная часть**

Поскольку существует серьезная проблема с непрерывным увеличением площадей иловых площадок, хранящих в себе тысячи тонн отходов индустрии очистки сточных вод. Также серьезные трудности и материальные затраты несет за собой обработка отходов данного характера [5].

Поэтому, для реализации проекта минимизации объема сбрасываемого избыточного активного ила, была создана экспериментальная лабораторная установка (рис. 1), основной целью которой была имитация процесса одноиловой минерализации избыточного активного ила станции очистки сточных вод г. Зудербург (Германия).



1 – корпус минерализатора с одноиловой системой обработки; 2 – погружная колонна; 3 – погружная мешалка, число оборотов (150 RPM); 4 – иловая смесь на флотационную обработку; 5 – подача воздуха, 2–5 мг/л; 6 – сатуратор напорной флотации; 7 – флотационная колонна (напорной флотации); 8 – подача насыщенной иловой смеси; 9 – отвод обработанной иловой смеси

**Рисунок 1** – Схема экспериментальной установки исследования процесса минерализации активного ила

Описание эксперимента заключается в следующем: процесс биологического окисления (минерализации) избыточного активного ила заключается в использовании органической части клеток организмов обрабатываемого ила в качестве питательной среды для сформировавшейся группы микроорганизмов, способных к активному существованию в данной среде [4]. Данные группы бактерий развиваются лишь при соблюдении определенных условий культивирования, т.е. регулярного внесения дополнительного «питания», в данном случае свежая порция избыточного активного ила действующих очистных сооружений города [6], а также поддержание стабильного режима подачи кислорода и перемешивания объема экспериментальной установки.

Еще одной основной задачей данного опыта является определение наиболее оптимальных составляющих процесса илоотделения с целью возврата «полезной» биомассы для дальнейшей обработки в сооружении.

Также одной из задач было определение эффективности протекания процесса минерализации активного ила и основные сопутствующие параметры протекания процесса: удельная скорость окисления органической части осадков, изменение структуры и свойств хлопка активного ила и его изменение при увеличении концентрации рабочей смеси [5]. Еще один параметр выступающий индикатором процесса минерализации, это изменение величины общего азота (N, мг/л), определяемый суммой всех форм присутствующего азота,

приведенного в формуле (1):

$$N = NO_3 + NO_2 + NH_4 + N_{org}, \text{ (мг)}, \quad (1)$$

где N - величина общего азота, мг/л;  $NO_3$  – величина азота нитратов, мг/л;  $NO_2$  – величина азота нитритов, мг/л;  $NH_4$  – величина содержания азота аммонийного, мг/л;  $N_{org}$  – величина общего органического азота, мг/л.

Параметры, контролируемые в комплексном исследовании: концентрация растворенного кислорода для различных зон, солесодержание, интенсивность перемешивания минерализатора, ХПК подаваемой и обрабатываемой смеси, азот  $NO_2$ ,  $NO_3$ ,  $NH_4$ , содержание фосфора, иловый индекс, рабочая температура установки, изменение pH обрабатываемой и подаваемой жидкости, структурные изменения хлопка активного ила с течением времени, время обработки смеси и рабочее давление флотационной установки, концентрация активного ила подаваемой и отводимой смеси, а также его зольность.

Серия данных лабораторных исследований проводилась на протяжении трех месяцев, во время которых был ряд химических и микроскопических анализов [5, 7].

Согласно результатов, проводимой серии экспериментальных исследований, описываемых процессов были построены графические зависимости (рис. 2–4), которые позволяют полностью оценить эффективность работы и выделить наиболее важные параметры работы сооружения.

Необходимо отметить основной факт, который позволяет получить положительный результат в экспериментальных исследованиях, – осуществление непрерывного перемешивания в аэробном реакторе. Именно это позволяет способствовать выделению продуктов процесса денитрификации в атмосферу. В результате можно отметить, что основные параметры работы илоотделителя методом напорной флотации являются: рабочее давление флотатора (3,5–4,0 атм), время насыщения обрабатываемой жидкости в сатураторе установки (до 10 мин, с обязательным интенсивным перемешиванием всего объема, для интенсификации процесса растворения кислорода в рабочей жидкости), эффективное время илоотделения во флотационной камере (до 1 часа). Данные параметры эффективны для минерализованного активного ила и не проверялись для избыточного активного ила городских очистных сооружений [4].

Данные лабораторные исследования показали, что по отношению к обычной аэробной стабилизации осадка, продленная аэробная минерализация имеет ряд достоинств, позволяющих более полно обрабатывать осадок городских очистных сооружений.

Описанное преимущество можно объяснить характерным повышением концентрации взвешенных веществ в сооружении аэробной минерализации, которое происходит не пропорционально поступлению избыточного активного ила на обработку (рис. 2), соответственно происходит биологическое разрушение органической части активного ила, скорость которого требуется уточнить дальнейшим расчетом в следующих работах. После чего будет возможно контролировать количество поступающего на минерализацию активного ила, без его накапливания. Данное предположение подтверждается повышением содержания твердой фазы осадка, находящегося в сооружении аэробной минерализации (рис. 3).

Также был проведен подсчет баланса входящего, потребленного и отходящего общего азота, определяемого формулой 1. Это позволяет прогнозировать эффективность и количество потребления общего азота.

По данным расчетам можно построить зависимость длительности обработки от количества потребленного азота по сравнению с поступившим на обработку (рис. 4).

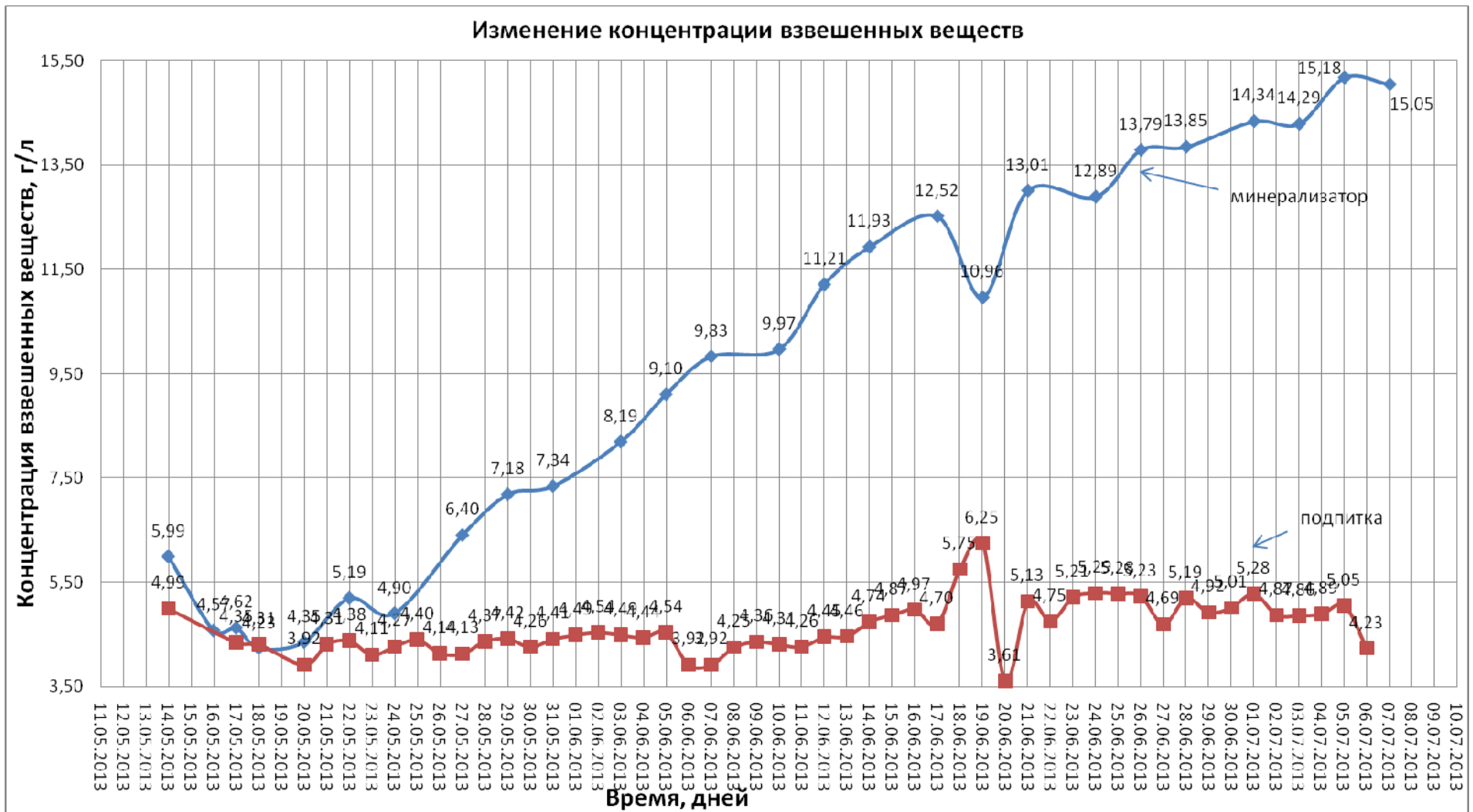
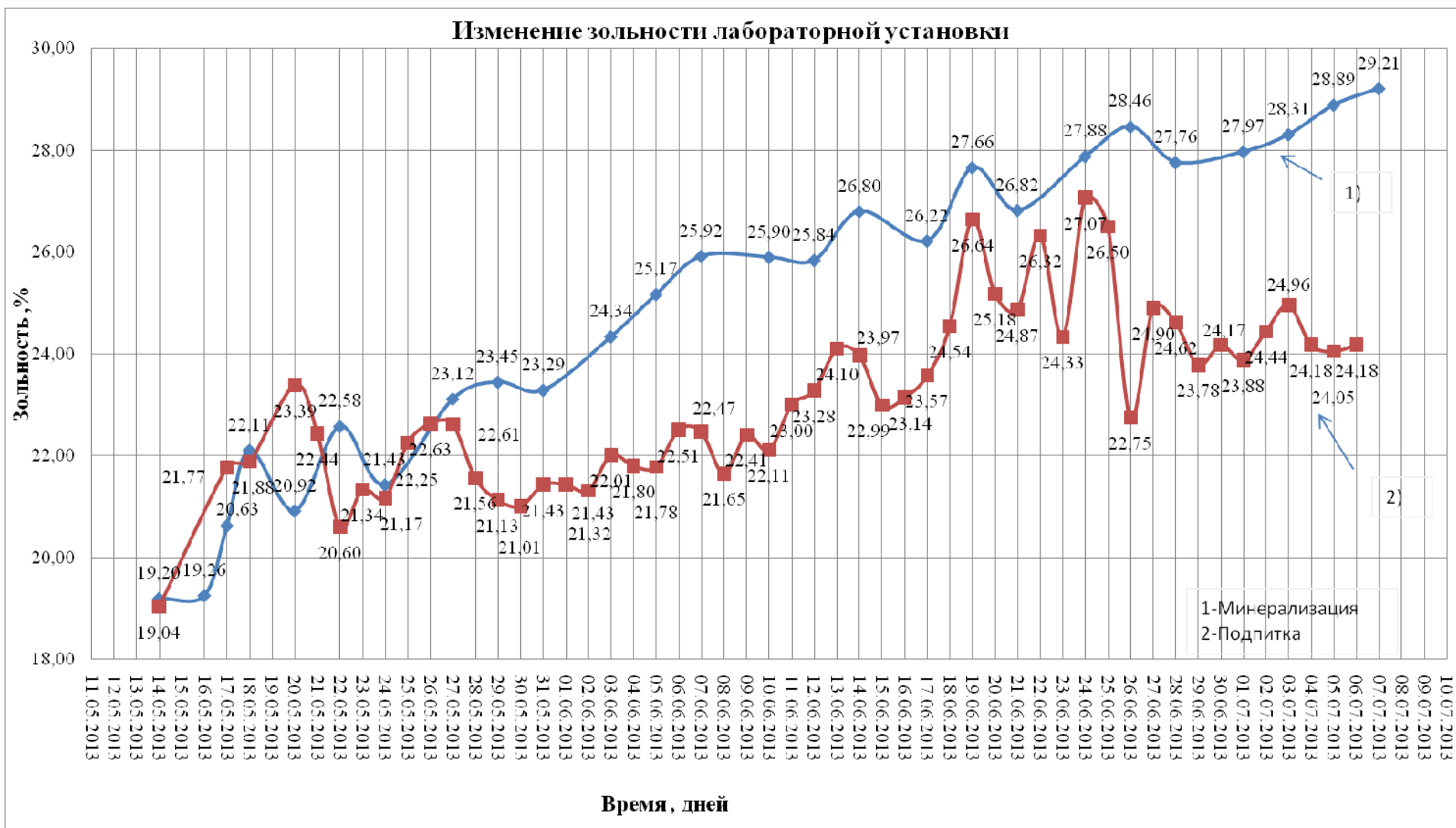
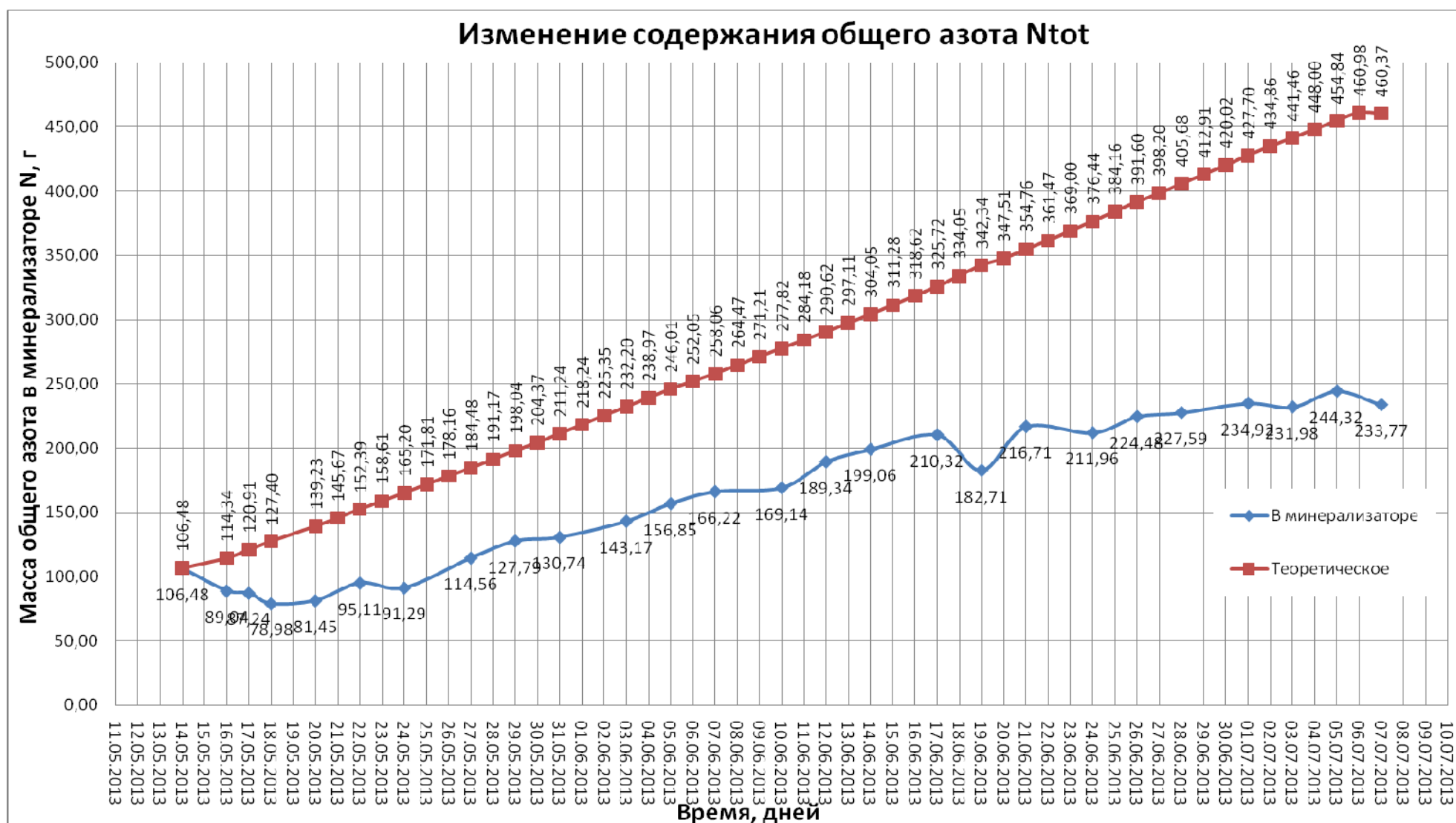


Рисунок 2 – Изменение концентрации взвешенных веществ с течением времени в минерализаторе



**Рисунок 3 – Изменение зольности осадка в минерализаторе**



**Рисунок 4 – Изменение концентрации группы азотов, поступивших в минерализатор, по отношению к обработанным группам**

## **Заключение**

1. На основе данных лабораторных экспериментов, с использованием лабораторно смоделированной копии установки, с использованием избыточного активного ила реальных очистных сооружений города были получены основные параметры работы сооружения минерализации осадка, такие как интенсивность увеличения концентрации поступающей на минерализацию биомассы, а также прогнозирование потребления органического азота, образующего основную составляющую белковой части органической части хлопка активного ила;

2. Установлены оптимальные рабочие характеристики работы напорной флотации без рециркуляции рабочей жидкости, такие как рабочее давление во флотаторе (3,5–4,0 атм), время насыщения обрабатываемой жидкости в сатураторе флотационной установки (до 10 мин, с обязательным интенсивным перемешиванием всего объема, для интенсификации процесса растворения кислорода в рабочей жидкости), эффективное время илоотделения во флотационной камере (до 1 часа);

3. Исследована тенденция изменения структуры хлопка минерализованного активного ила с течением времени и установлено, что во время продолжительной обработки смеси, плотная и геометрически правильная структура хлопка избыточного активного ила переходит в слегка вытянутую, эллипсовидную форму. Что также подтверждается увеличением значения показателя илового индекса системы (до начала обработки и в подпиточной воде 115 мл/г, а после обработки поднимается в среднем до 130 мл/г), а микробиологический состав изменяется в сторону практически полного удаления простейших форм микроорганизмов и пропорционального прироста «старого», имеющего большой возраст активного ила. Именно это и способствует возникновению возможности проведения минерализации избыточного активного ила;

4. Увеличение зольности исследуемого активного ила и значительное увеличение зольности отводимой иловой воды свидетельствует о выведении продуктов распада окисляемой биомассы и выведением ее за пределы сооружения по обработке осадка;

5. В дальнейших работах планируется произвести расчет удельной скорости окисления биологически окисляемой части минерализуемого активного ила, а также скорость потребления группы азотов в сооружении. Дать конструктивные параметры минерализатора и провести эксперименты по эффективности работы флотации с рециркуляцией осадка.

## **Список литературы**

1. Варфоломеев, С.Д. Биотехнология. Кинетические основы микробиологических процессов [Текст]: учебное пособие / С.Д. Варфоломеев, С.В. Калюжный. – М.: Высш. школа, 1990. – 296 с.

2. Биологическая очистка производственных сточных вод: процессы, аппараты и сооружения [Текст] / С.В. Яковлев, И.В. Скирдов, В.Н. Швецов [и др.]; под ред. С.В. Яковлева. – М.: Стройиздат, 1985. – 208 с.

3. Утилизация осадков городских сточных вод / А. Делалио, В.В. Гончарук, Б.Ю. Корнилович [и др.] // Химия и технология воды. – 2003. – Т. 25. – № 5. – С. 458–464.

4. Чернышев, В.Н. Биотехнология глубокой минерализации осадков городских сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов / В.Н. Чернышев, В.Ф. Кизжаев // Вода, экология, общество: материалы III Междунар. науч. практ. конф. / Харьковская национальная академия городского хозяйства. – Х.: ХНАГХ, 2010. – С. 133.



5. Betriebsprobleme auf Kläranlagen durch Blähschlamm, Schwimmschlamm, Schaum; Prof. Dr.-Ing. Dr. phil. Sabine Kunst, Dr.-Ing. Helmer, Dr. –Ing. Silke Knoop; Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000. – 175 p.

6. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel, McGraw Hill Higher Education; Medcalf & Eddy ink.; 4th edition, 2002. – 1819 p.

7. Jeppsson, U. Modelling aspects of wastewater treatment processes [Текст]: Ph.D. thesis / Department of Industrial Electrical Engineering and Automation, Lund Institute of Technology, U. Jeppsson. – Sweden, 1996. – 428 p.

УДК 626.86

## **ПАРАМЕТРЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНО-ВОЗДУШНОГО РЕЖИМА ПОЧВ И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ И РЕЖИМА ОСУШЕНИЯ И ПОДПОЧВЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ**

**Паллу Л.Н., Черенков А.В., Рокочинский А.Н.**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования,  
г. Ровно, Украина, pryhodko\_natalia@ukr.net

*This paper describes the data control water-air regime of soil and providing payment bits and pieces of technology and subsoil moisture regime on drained lands.*

### **Введение**

Направленность и степень влияния на естественный водный режим при мелиорации чрезмерно увлажненных земель должны отвечать решению главной задачи – созданию за счет реализации гидромелиоративных мероприятий благоприятного режима увлажнения активного корнеобитаемого слоя почвы с соблюдением экологических требований. Для получения наибольшей отдачи от мелиорованных земель на всех стадиях проектирования и эксплуатации систем необходимо как можно больше учитывать местные условия. Поэтому для каждой зоны должны быть разработаны рекомендации по регулированию водного режима разных типов почв с учетом конкретных климатических, гидрологических, гидрогеологических и других условий.

В данной работе представлены технологии регулирования водного режима почв на осушительно-увлажнительных системах при их осушении предупредительном шлюзовании и подпочвенном увлажнении.

В целом, систематический гончарный дренаж на переувлажненных почвах хорошо справляется со своей главной задачей – снижением уровня грунтовых вод (УГВ) и отводом избыточной влаги из корнеобитаемого слоя в предпосевной период.

В условиях работы дренажа только в режиме осушения в средние по влажности и засушливые периоды вегетации происходит снижение УГВ на системе до 1,4...1,6 м. При этом большую часть вегетационного периода грунтовые воды залегают на глубине, превышающей границу нормы осушения, что значительно ухудшает условия водного питания растений и снижает их урожайность.

Увлажнение путем обычного шлюзования позволяет за счет продолжительного подпора поддерживать УГВ на участках дренажа в пределах нормы осушения 0,8...1,2 м за счет зарегулирования подаваемой воды на внутрисочвенное увлажнение и атмосферных осадков путем перекрытия дренажных коллекторов в устьевой части. Однако при этом лишь немного выравнивается водный режим грунтов в зоне аэрации, а в засушливые периоды не обеспечивается необходимый уровень влажности верхнего наиболее активного слоя почвы 0...40 см.

Подпочвенное увлажнение предназначено для применения в устойчивых почвогрунтах на инженерных осушительно-увлажнительных системах как в режиме ручного управления, так и с применением средств гидроавтоматики для автоматического поддержания необходимого режима УГВ на системе. Оно представляет собой периодический подъем и снижение УГВ в пределах активного слоя почвы. Подъем УГВ осуществляется к границе слоя 20...40 см от поверхности земли в начальные фазы развития до 70...90 см в конце вегетации сельскохозяйственных культур. При проведении подпочвенного увлажнения учитываются разнообразные требования культур к водно-воздушному режиму почв на разных фенологических стадиях их развития.

Применение подпочвенного увлажнения оказывает содействие проникновению кислорода в грунт и, вместе с созданием благоприятного для растений водно-воздушного режима, позволяет рационально использовать оросительную воду. Технические характеристики:

1. Глубина залегания УГВ изменяется в пределах от 0,9..1,1 до 0,6..0,4 м.
2. Поливная норма за цикл – 400...800 м<sup>3</sup>/га.
3. Число циклов увлажнения за период вегетации – 2...6.
4. Оросительная норма нетто – 1500...2000 м<sup>3</sup>/га, брутто – 1800...2400 м<sup>3</sup>/га.

Применение подпочвенного увлажнения на осушаемых землях помогает созданию наиболее благоприятного для культурных растений водно-воздушного режима. При регулировании влажности осушаемых земель такой режим дает возможность независимо от погодных условий в большинстве случаев поддерживать оптимальную влагообеспеченность в верхнем активном слое на протяжении 130...140 суток или 84...90 % продолжительности периода вегетации. За счет этого обеспечивается прибавка урожая сельскохозяйственных культур кормовых севооборотов на 20...50%.

При проведении подпочвенного увлажнения необходимо учитывать разнообразные требования выращиваемых сельскохозяйственных растений к водно-воздушному режиму грунта на разных фенологических стадиях их развития в зависимости от изменений глубины стояния УГВ в период вегетации. Согласно [1, 2, 4] развитие корневой системы растений на осушаемых землях с учетом динамики УГВ характеризуется данными табл. 1.

Приведенные в табл. 1 данные показывают предельные значения подъема УГВ под разными сельскохозяйственными культурами при подпочвенном увлажнении. В межполивные периоды путем предупредительного шлюзования на участках дренажа УГВ должны поддерживаться в пределах нормы осушения для каждой культуры – от 0,7...0,8 м на начало периода вегетации до 0,9...1,1 м в конце.

Для расчета элементов техники полива, кроме требований сельскохозяйственных культур, необходимо знать основные параметры осушительно-увлажнительной сети и изменения метеорологических факторов.

**Таблица 1** – Развитие корневой системы растений в зависимости от глубины стояния УГВ в период вегетации

Культуры	УГВ, см	Глубина проникновения корней в почву, см											
		май			июнь			июль			август		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Травы	70	45	50	55	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	>70	50	60	65	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Озимые зерновые	60...80	20	30	40	50	60	70	70	70	70	-	-	-
	60...120	20	35	50	65	80	90	90	90	90	-	-	-
Пропашные	60...90	10	15	20	30	35	45	60	60	60	60	60	60
	60...120	10	15	20	30	40	50	60	70	70	70	70	70

*Примечание:* здесь УГВ: первая цифра – уровень на начало вегетации; вторая – на конец вегетации.

В общем случае изменения УГВ при проведении подпочвенного увлажнения описывается уравнением:

$$\Delta h = V_0 \left[ 1 - \frac{1 - e^{\gamma(t-1)}}{\gamma} \right] \pm R_0 \left[ 1 - \frac{1 - e^{\psi(t-1)}}{\psi} \right], \quad (1)$$

где  $V_0$  – начальная скорость подъема УГВ или понижение УГВ (в зависимости от расчетной фазы цикла увлажнения), м/сут, определяется по формулам:

$$V^n = a \frac{(\phi h - h_0)^{1,5}}{L^n}, \quad \text{м/сут}, \quad (2)$$

$$V_0 = a_2 \frac{h' - h_3}{L^n}, \quad \text{м/сут}. \quad (3)$$

$R_0$  – начальное изменение УГВ в результате испарения с поверхности, определяется по уравнению

$$R_0 = \frac{e}{(H_0 - h_0)^m}, \quad \text{м/сут}, \quad (4)$$

$t$  – продолжительность от начала соответствующей фазы, сут;  $\gamma$  та  $\psi$  – эмпирические коэффициенты, которые зависят от параметров дренажа и свойств грунта (табл. 2 и 3);  $e$  – основание натурального логарифма;  $a_1, a_2, n, m$  – эмпирические коэффициенты, которые зависят от свойств грунта (табл. 2, 3).

**Таблица 2** – Значение коэффициентов  $\alpha_1, \alpha_2, n$  и  $m$

Почвогрунты	Подъем УГВ			Снижение УГВ		
	$\alpha_1$	$n$	$m$	$\alpha_2$	$n$	$m$
пески	1,86	0,50	0,92	1,12	0,50	0,92
супески	1,58	0,62	1,25	1,04	0,58	1,25
суглинки легкие	1,37	0,75	1,80	0,90	0,70	1,80

**Таблица 3 – Значение коэффициентов  $\gamma$  и  $\psi$**

Почвогрунты	Удаление от дрены, L, м							
	1		5		10		15	
	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$
<b>- подъем УГВ</b>								
пески	-1,02	0,46	-0,62	0,19	-0,41	0,13	-0,32	0,11
супески	-0,80	0,38	-0,27	0,18	-0,16	0,12	-0,13	0,10
суглинки легкие	-0,63	0,34	-0,23	0,17	-0,15	0,12	-0,13	0,08
<b>- снижение УГВ</b>								
пески	-0,89	-0,53	-0,51	-0,17	-0,35	-0,16	-0,29	-0,14
супески	-0,76	-0,59	-0,46	-0,30	-0,24	-0,17	-0,22	-0,14
суглинки легкие	-0,64	-0,64	-0,30	-0,34	-0,16	-0,22	-0,13	-0,19

$\phi$  – коэффициент, который учитывает потери напора на дрене. При диаметре дрен  $d=50$  мм –  $\phi = 0,70$ ;  $d=75$  мм –  $\phi = 0,76$  и  $d=100$  мм –  $\phi = 0,82$ ;  $h$  – напор воды в дренах, м;  $h_0$  – начальное положение УГВ относительно дна дрены, м; в случае, если УГВ ниже дна дрены,  $h_0$  принимает отрицательное значение;  $L$  – половина междренного расстояния, м;  $\epsilon$  – эмпирический коэффициент, который зависит от метеорологических факторов, вида сельскохозяйственной культуры и фазы ее развития. Для приближенных расчётов принимается  $\epsilon = 0,014 \dots 0,016$ ;  $H_d$  – глубина закладки дрен, м;  $h'$  – превышение УГВ над дном дрены, м;  $h_c$  – высота нависания УГВ над дренаем, которая обусловлена несовершенством конструкции дрены, согласно [4], определяется по формуле

$$h_c = 0.068h' \cdot \Phi_i^{0,38}, \quad (5)$$

где  $\Phi_i$  – сопротивление на входе воды в дрене, определяется по формуле

$$\Phi_i = (\alpha + \beta h'^{-1.5}) 2\pi \cdot K_\phi, \quad (6)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – эмпирические коэффициенты, которые зависят от диаметра дрены и конструкции фильтра. При круговом обёртывании дрены стеклохолстом толщиной 1 мм,  $\beta = 0,27$ . При диаметре дрен 50, 75 и 100 мм, коэффициент соответственно равняется: 2,0; 1,2 и 0,9;  $K_\phi$  – коэффициент фильтрации почвы, м/сут.

Решая уравнение (1) относительно времени, с некоторым приближением получим:

- для фазы подъема УГВ

$$t_n = 1 - \frac{1}{\gamma} \ln \left( \frac{1}{1 - \gamma + \gamma \frac{\Delta h_n + 0.18}{V_0^i}} \right); \quad (7)$$

- для фазы снижения УГВ

$$t_s = 1 - \frac{1}{\gamma} \ln \left( \frac{1}{1 - \gamma + \gamma \frac{\Delta h_s - 0.14}{V_0^s}} \right), \quad (8)$$

где  $\Delta h_n$  и  $\Delta h_s$  – заданная высота подъема и снижения УГВ, м.

Расчеты по приведенным уравнениям подтверждают данные натуральных наблюдений о том, что для подъема УГВ из глубины 1,0...1,1 м до 0,4...0,6 м от поверхности земли напор в дренах (при глубине их закладки 1,0...1,2 м) должен составлять 0,9...1,0 м.

Возможность создания необходимого напора зависит от схемы подачи воды на увлажнение. При наличии гарантированного источника увлажнения и распределения воды через увлажнительные каналы в истоки дренажных коллекторов напор над устьем коллектора ( $H_r$ ) должен составлять 0,3...0,5 м.

Для осуществления подпочвенного увлажнения, в случае подачи воды в устье коллектора (против уклона), необходимо создать напор  $H'_r=1,8...2,0$  м.

При подпочвенном увлажнении поливная норма или количество воды, необходимое для подъема УГВ с начальной глубины  $h_n$  до необходимой  $h_k$  и восполнения климатического дефицита, может быть определена как

$$m = \Delta W + (E - P), \text{ м}^3/\text{га}, \quad (9)$$

где  $\Delta W$  – изменение влагозапасов расчетного слоя почвы за счет подъема УГВ,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $E$  и  $P$  – соответственно суммарное водопотребление и эффективные атмосферные осадки за рассматриваемый период,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Для осушаемых почв легкого и среднего гранулометрического состава на фоне дренажа и глубокого рыхления изменение запасов влаги расчетного слоя 0...100 см от изменения положения УГВ при их подъеме выражается зависимостью

$$\Delta W = 10000\mu(h_n - h_k)^{0.90}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (10)$$

где  $\mu$  – коэффициент влагонасыщения грунта в зоне изменения УГВ (для песков  $\mu=0,14...0,10$ , для средних супесков-суглинков – 0,10...0,08);  $h_n$  и  $h_k$  – соответственно начальное и конечное значения положения УГВ в фазу их подъема, м.

При подпочвенном увлажнении после подъема УГВ и пополнения дефицита влаги корнеобитаемого слоя почвы может осуществляться сброс избыточной поливной воды и происходит снижение УГВ на участках дренажа к исходному положению. При этом, гравитационная вода, которая освободилась, переходит в дренажный сток. Количество сбрасываемой воды  $Q$  зависит от величины изменения положения УГВ и для рассматриваемых условий может быть определено по зависимости

$$Q = 10000\delta(h'_k - h'_i)^{1.25}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (11)$$

где  $\delta$  – коэффициент водоотдачи почвы в зоне изменения УГВ (для песков – легких супесков  $\delta=0,08...0,05$ , для средних супесков-суглинков – 0,05...0,03);  $h'_i$ ,  $h'_k$  – соответственно начальное и конечное значения положения УГВ при сбросе, м.

При подпочвенном увлажнении подаваемая вода расходуется не только на подъем УГВ, но и должна пополнить климатический дефицит влаги ( $E-P$ ), который при отсутствии осадков выражается величиной суммарного водопотребления за время проведения увлажнения

$$E_t + 10E_c \cdot t_n, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (12)$$

где  $E_c$  – среднесуточное водопотребление за рассматриваемый период времени, мм/сут (может быть принято 3...5 мм/сут в зависимости от фазы развития культуры);  $t_n$  – продолжительность подъема УГВ при увлажнении, сут.

Общее количество воды (нетто) при подпочвенном увлажнении за период вегетации определяется как сумма

$$V_H = \sum_i^n m_i, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (13)$$

где  $n$  – число циклов регулирования УГВ за период вегетации;  $m_i$  – затраты воды на подпочвенное увлажнение за один цикл регулирования,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Количество воды для увлажнения (брутто) определяется как совокупность затрат воды (нетто) с учетом потери воды на фильтрацию и испарение в проводящей сети каналов и оттока воды за границы увлажняемого массива.

Общие потери воды при подпочвенном увлажнении могут составлять 20...40 % затрат воды на увлажнение за период вегетации в зависимости от конструкции системы, гидрогеологических условий и проницаемости грунтов. Путем предупредительного шлюзования УГВ на системе можно поддерживать на глубине 1,0...1,2 м на протяжении всего периода вегетации. Тогда производственные потери воды, подаваемой на пополнение запасов грунтовых вод, будут незначительными.

### **Заключение**

Особая актуальность данной разработки обусловлена тем, что, во-первых, главной задачей гидромелиораций является комплексное регулирование условий развития выращиваемых культур и водно-воздушного режима почв. Во-вторых, урожай культур при этом выступает как один из важнейших критериев их эффективности и целесообразности и дает общую оценку эффективности разных технологий водорегулирования, используемых при этом.

### **Список литературы**

1. Афанасик, Г.И. Комплексное регулирование условий жизни растений на торфяных почвах / Г.И. Афанасик [и др.] – Минск: Ураджай, 1980.
2. Волковский, П.А. Регулирование водного режима осушаемых земель / П.А. Волковский, А.П. Тельцов – М.: Россельхозиздат, 1979. – 192 с.
3. Кубышкин, В.П. Метод определения расстояний между дренами в почвах легкого механического состава / В.П. Кубышкин, А.В. Черенков // Экспресс-информация. – Сер. 2. – Вып. 7. – М., 1983. – С. 11–20.
4. Лабренцис, В.М. Системы двустороннего действия на основе закрытого дренажа // Гидротехника и мелиорация. – 1978. – № 12(342). – С. 55–64.

УДК 50.43/45.711.4

## **АНАЛИЗ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ДНЕПР**

**Пеньковская А.М., Попова Е.Н., Громадская Е.И.**

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь, skivr@mail.ru

*The article describes the General characteristics of the information of water use in the river Dnepr basin , which is necessary for detecting problems of water use and protection when drawing up the schemes of complex use of water resources*

### **Введение**

После утверждения Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1286 от 09.10.2007 г. Положения о порядке разработки, утверждения и реализации схем комплексного использования и охраны вод РУП «ЦНИИКИВР» было поручено составление данных Схем по основным бассейнам рек Белару-

си. К настоящему времени разработаны и утверждены в установленном порядке Схемы комплексного использования и охраны вод по бассейнам рек Неман и Западная Двина. Продолжается работа по составлению Схемы комплексного использования вод в бассейне реки Днепр.

Основной задачей разработки Схем является определение водохозяйственных и иных мероприятий для удовлетворения перспективных потребностей населения и хозяйственной деятельности в водных ресурсах, обеспечения рационального использования и охраны вод, а также для предотвращения и ликвидации вредного воздействия вод [1].

Решение этой задачи невозможно без детального анализа показателей использования водных ресурсов для различных целей, причин и источников загрязнения водных объектов в результате хозяйственной деятельности. Такой анализ выполнен при разработке Схемы комплексного использования и охраны реки Днепр, основное содержание которого приведено ниже.

В бассейне реки Днепр, согласно данным статистической отчетности водопользователей по форме № 1-ВОДА (Минприроды), в 2012 году насчитывалось 1167 водопользователей [2].

Промышленные центры, расположенные в бассейне реки Днепр находятся в благоприятных условиях по обеспеченности водными ресурсами, способствующих дальнейшему развитию экономики. В качестве источников водоснабжения предприятия используют поверхностные и подземные воды.

#### **Изъятие поверхностных, добыча подземных вод, их использование**

Суммарный объем воды, изъятый (добытой) всеми водопользователями в бассейне реки Днепр в 2012 году, составил 561,48 млн. м<sup>3</sup>, при этом объем изъятых поверхностных вод по бассейну – 125,05 млн. м<sup>3</sup>, по сравнению с 2000 годом он сократился на 50%.

Количество водозаборов и объем добытой подземной воды постоянно сокращался, начиная с 2000 года, он уменьшился на 19%. Среднесуточный водоотбор по сравнению с предыдущими годами уменьшился практически по всем эксплуатируемым горизонтам.

Структура водопользования по бассейну реки Днепр принципиально не отличается от общей структуры водопользования в стране: на хозяйственно-питьевые нужды используется 47%, производственные – 38%, сельскохозяйственное водоснабжение – 8%, прудово-рыбное хозяйство – 7%.

Объем использования свежей воды в бассейне реки Днепр составляет 495,53 млн. м<sup>3</sup>, в том числе объем свежей воды, используемый на производственные нужды, составляет 188,40 млн. м<sup>3</sup>, при этом питьевой воды на производственные нужды используется 82,90 млн. м<sup>3</sup>, т.е. около 23%.

Наиболее крупными потребителями свежей воды (объемом более 5000 тыс. м<sup>3</sup>/год) в бассейне реки Днепр являются: коммунальное унитарное производственное предприятие «Минскводоканал», коммунальное производственное унитарное предприятие «Гомельводоканал», Могилевское городское коммунальное унитарное предприятие «Горводоканал», государственное республиканское унитарное предприятие электроэнергетики «Гомельэнерго» филиал «Светлогорская ТЭЦ», открытое акционерное общество «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат», рыбхоз «Волма», Бобруйское унитарное коммунальное дочернее производственное предприятие «Водоканал», открытое акционерное общество «Рыбхоз «Свислочь».

Из 1151 предприятия бассейна, использующих питьевую воду, 422 предприятия используют ее в различных количествах на производственные нужды. В целом по бассейну, как по предприятиям, так и по населенным пунктам, использование питьевой воды на производственные нужды постоянно сокращается. При этом на долю 21 населенного пункта, приходится 83% общего объема использования питьевой воды в бассейне и 84% ее использования на производственные нужды.

Следует отметить, что повышенный процент использования питьевой воды связан с использованием ее в системе жилищно-коммунального хозяйства и в пищевой промышленности.

Удельное водопотребление и водоотведение по административным районам бассейна реки Днепр несколько ниже соответствующих средних республиканских величин. По превышению общереспубликанских показателей выделяются Светлогорский, Червенский и Осиповичский районы. Это связано с функционированием Светлогорской ТЭЦ, ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат» и рыбхозов «Волма» в Червенском районе и «Свислочь» в Осиповичском районе.

Сектор сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения находится в сложной ситуации и характеризуется постоянным дефицитом капитальных вложений, потерями электроэнергии и воды и большим числом аварий. Системы водоснабжения на селе представляют собой сочетание расположенных, как правило, вблизи животноводческих комплексов одиночных водозаборных скважин, соединенных с устаревшими водонапорными башнями (водовоздушными баками) и весьма редко дополненных разводящей сетью с водозаборными колонками.

В сельской местности на территории бассейна насчитывается более 14 тысяч артезианских скважин, из которых 95% используются для водоснабжения сельскохозяйственных предприятий, а 5% — для обеспечения водой сельского населения. Большинство скважин не отвечают санитарно-техническим требованиям эксплуатации, около 40% находятся в нерабочем состоянии.

Главной проблемой обеспечения водой требуемого качества является водоподготовка. В основном, очистка подземных вод сводится к удалению лишь железа, несмотря на то, что на ряде водозаборов наблюдается повышенное содержание в воде азота аммонийного, нитратов и других загрязняющих веществ. Менее 1% систем сельскохозяйственного водоснабжения имеют станции обезжелезивания. По остальным вода подается с содержанием железа, не удовлетворяющим санитарным требованиям. Обеззараживание воды на водозаборах подземных вод, как правило, не производится.

Приборным учетом практически не охвачены изъятие и подача воды потребителям, что не позволяет объективно оценивать в действующих формах статистической отчетности водопотребление и потери воды, которые достигают 20-60% от общего объема подачи воды.

Сегодня развитие систем централизованного водоснабжения села сдерживается прежде всего экономическими факторами. У сельскохозяйственных потребителей отсутствуют средства для обновления существующих систем водоснабжения, 65% которых отработали установленные для них сроки эксплуатации.



На количественные характеристики водных ресурсов реки Днепр и ее притоков влияют изъятие воды из реки, отведение сточных вод, регулирование стока и добыча подземных вод, гидравлически связанных с рекой.

Количественные изменения водных ресурсов в значительной степени определяются разностью между изъятием (добычей) и отведением воды, т.е. безвозвратным водопотреблением (по отношению к водным объектам). Для оценки влияния безвозвратного водопотребления на располагаемые водные ресурсы проанализированы данные государственного водного кадастра о фактическом безвозвратном водопотреблении за период 2000–2012 годы по бассейну реки Днепр и сопоставлены с располагаемыми водными ресурсами.

Максимальное безвозвратное водопотребление отмечено в 2011 году и составило по реке Днепр 107 млн. м<sup>3</sup>.

Проведенный анализ свидетельствует об увеличении безвозвратного водопотребления в течение последних лет с 76 млн. м<sup>3</sup> в 1996 году до 101 млн. м<sup>3</sup> в 2012 году и о сравнительно небольшом влиянии безвозвратного водопотребления на водные ресурсы.

В настоящее время безвозвратное водопотребление в бассейне реки Днепр не превышает 1% от стока 95% обеспеченности.

Антропогенное влияние на подземные воды осуществляется как непосредственно, так и опосредованно, путем воздействия на условия формирования подземных вод.

Непосредственное воздействие на режим подземных вод связано с добычей их для нужд водоснабжения. В первую очередь, практическое значение представляют широко развитые пресные водоносные комплексы.

В бассейне реки Днепр расположены групповые водозаборы городов Минска, Могилева, Гомеля, Орши, Бобруйска, Жодино, Светлогорска, Борисова, Жлобина, Речицы, Рогачева и др.

Фактическое понижение уровня подземных вод эксплуатируемых водоносных горизонтов и комплексов по всем наблюдаемым водозаборам на конец 2012 года не превышает расчетных величин допустимых понижений, принятых при оценке эксплуатационных запасов подземных вод. Это указывает на обеспеченность водоотбора в пределах утвержденных запасов подземных вод.

### **Отведение сточных вод**

В бассейне реки Днепр расположено 561 предприятие, на балансе которого находится 148 выпусков сточных вод в водные объекты.

В 2012 году в бассейне реки Днепр отведено 434,09 млн. м<sup>3</sup> сточных вод. Из этого объема в водные объекты поступило 427,61 млн. м<sup>3</sup>, в том числе 0,96 млн. м<sup>3</sup> недостаточно очищенных вод, 387,67 млн. м<sup>3</sup> нормативно очищенных вод и 38,97 млн. м<sup>3</sup> вод, не требующих очистки.

Объем сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, в 2012 году составил 423,67 млн. м<sup>3</sup>. В их составе содержалось 3,97 тысяч тонн легкоокисляемых органических веществ (по БПК<sub>5</sub>), 59,8 тонны нефтепродуктов, 30,07 тысяч тонн сульфат-ионов, 339,1 тонны фосфат-ионов (в пересчете на P), 2739 тонн аммоний-ионов (в пересчете на N), 101,7 тонны нитрит-ионов (в пересчете на N), 208,1 тонны соединений металлов (железа, цинка, никеля, хрома), 2,5 кг молибдена, 1,2 тонны свинца, 0,270 тонн фенолов.

Общий объем сточных вод с 2000 годом сократился на 34% , при этом объем нормативно очищенных вод сократился на 29%.

Общая мощность очистных сооружений с отведением в водные объекты в бассейне реки Днепр 859324 тыс. м<sup>3</sup>/год.

160 предприятий имеют локальные очистные сооружения, общей мощностью 30198 тыс. м<sup>3</sup>/год, на которых в 2012 году очищено 29674 тыс. м<sup>3</sup> сточных вод.

78 предприятий имеют очистные сооружения биологической очистки общей мощностью 759739,3 тыс. м<sup>3</sup>/год.

Мощность полей фильтрации – 48313 тыс. м<sup>3</sup>/год, площадь – 1574 га.

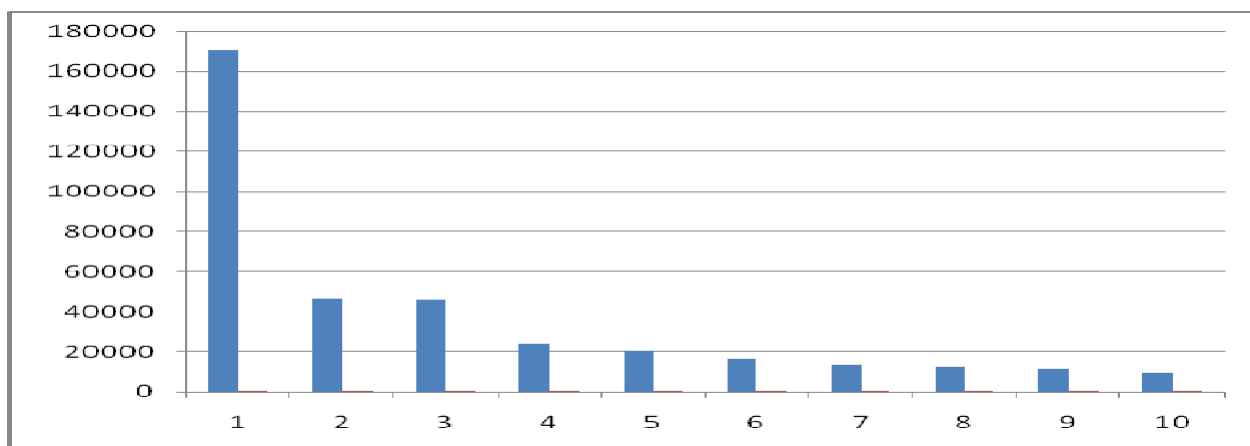
Системы канализования городов, применяемые в нашей стране, предусматривают чаще всего совмещение бытовых и производственных вод, которые поступают на городские очистные сооружения, при раздельном транспорте поверхностных сточных вод с самостоятельными выпусками в водные объекты.

Специфической особенностью состава сточных вод, поступающих в систему канализации городов, является доминирующее содержание органических веществ (по показателям ХПК, БПК), биогенных веществ (соединений азота и фосфора).

Состав производственных сточных вод зависит от отрасли промышленности, вида производства, используемого сырья, особенностей технологического процесса, наличия оборотных систем водоснабжения и локальных систем очистки. При соблюдении технологии физико-химические методы очистки обеспечивают снижение концентрации органических веществ на 40%, взвесей, фенолов, нефтепродуктов – на 90%, тяжелых металлов – на 95%. Концентрации хлоридов и сульфатов остаются практически неизменными.

Таким образом, общий канализационный сток современных городов является, как правило, смесью бытовых и производственных сточных вод.

Фактические объемы сточных вод наиболее крупных загрязнителей, поступившие в водные объекты бассейна реки Днепр в 2012 году, представлены на рисунке 1.



- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1. КУПП «Минскводоканал»           | 6. ГРУП электроэнергетики «Гомельэнерго» филиал «Светлогорская ТЭЦ»       |
| 2. КПУП «Гомельводоканал»          | 7. Коммунальное производственное унитарное предприятие «Борисовводоканал» |
| 3. Могилевское ГКУП «Горводоканал» | 8. КУП ВКХ «Оршаводоканал»  |
| 4. Бобруйское УКДПП «Водоканал»    | 9. ОАО «Рыбхоз «Свислочь»   |
| 5. РУП «Светлогорск Химволокно»    | 10. КЖУП «Уником»   |

**Рисунок 1** – Годовые объемы сточных вод основных водопользователей в 2012 году

Актуальной является организация водоотведения в сельской местности.

Создание централизованных систем водоотведения в сельской местности и отдельных объектов является весьма затратным, особенно при необходимости транспорта сточных вод на очистку на значительные расстояния. С другой стороны, застройка без организации водоотведения, применение примитивных санитарно-технических устройств в индивидуальной застройке и традиционных простейших сооружений для очистки сточных вод небольшой производительности для сельских населённых пунктов (поля фильтрации) ведёт к значительному негативному воздействию на окружающую среду.

Основными источниками биогенной нагрузки в пределах аграрных территорий являются сельскохозяйственные угодья (пашня, сенокосы, пастбища), объекты животноводства (помещения для содержания скота, отстойники сточных вод, навозохранилища и жижеборники), склады минеральных удобрений, сельские населенные пункты (бытовые стоки), а также естественный растительный покров (леса, луга, болота) и атмосферные осадки.

Растущую опасность в отношении увеличения загрязнения, в том числе эвтрофирования, водных объектов представляет собой развитие животноводческих комплексов и птицефабрик. Экологические исследования показали, что в районах размещения животноводческих комплексов загрязнению подвергаются как поверхностные, так и подземные воды.

По количеству отходов каждый типовой комплекс на 36 тыс. голов свиней (или на 12 тыс. голов крупного рогатого скота) соответствует городу с населением в 80–120 тысяч человек.

Большая часть навоза удаляется методом гидросмыва, образуя так называемый «жидкий навоз». В результате смыва жидких фракций отходов поверхностным и внутрипочвенным стоком с участков территории, где хранится навоз, с полей фильтрации, с пастбищ большое количество загрязняющих веществ поступает в поверхностные воды.

В жидкой фракции животноводческих отходов подавляющая часть примесей имеет органическое происхождение с преобладанием трудноразлагаемых белковых соединений.

Сток с сельскохозяйственных угодий (полей) загрязнен в основном пестицидами и биогенными веществами, в том числе азотом и фосфором, а также калием и микроэлементами. Это сезонные источники нагрузки, действующие преимущественно в вегетационный период (при положительных температурах воздуха и почвы от начала весеннего снеготаяния до прекращения поверхностного стока в осенний период). На весенний период приходится примерно 60–70% выноса биогенных веществ, на осень – 6–15%.

Серьезный источник загрязнений – поверхностный сток с урбанизированных территорий. В короткий промежуток времени, когда происходит вынос загрязняющих веществ с талыми, дождевыми, поливо-моечными водами, масса этих веществ может превышать массу веществ, поступающих в водные объекты от сосредоточенных выпусков сточных вод. Кроме того, дождевые коллектора, как правило, имеют выпуски в водные объекты в черте города.

Так, в черте Минска поступление поверхностного стока в водные объекты происходит как через ливневую канализацию, так и неорганизованным способом, в результате поверхностного смыва с водосбора. В настоящее время на территории города контролируется порядка 15 выпусков крупных коллекторов

(диаметр более 1000 мм). Однако на территории города существует значительное количество средних и мелких коллекторов с выпусками практически во все водные объекты, контроль за качеством сточных вод которых не проводится.

По данным государственной статотчетности водопользователей со сточными водами крупных выпусков, в реку Свислочь в 2012 году поступило 1,7 тонны нефтепродуктов, 169,5 тонны взвешенных веществ, 208,8 т сульфат-ионов, 339,2 т хлорид-ионов, 0,7 т фосфат-ионов, 10,6 т ионов аммония, 8,6 нитрат-ионов, 0,5 т нитрит-ионов, 4314,3 кг железа общего, 64,2 кг хрома общего при общем объеме сточных вод 8648 тыс. м<sup>3</sup> в год.

Застройка территории г. Гомеля относительно дождевой канализации неоднородна. В кварталах старой застройки, как правило, организованный сток дождевых вод отсутствует. Поверхностный сток по спланированной территории отводится на улицы и проезды и далее в водостоки либо в сеть дождевой канализации. Новая жилая застройка имеет сеть дождевой канализации, оборудованной дождеприемниками внутри кварталов и микрорайонов.

Общая протяженность сетей дождевой канализации г. Гомеля составляет 274,7 км. В настоящее время сеть ливневой канализации г. Гомеля имеет 21 выпуск в бассейн реки Сож, 19 из которых контролируется.

В г. Могилеве системой дождевой канализации охвачено около 30% площади бассейна реки Днепр (в пределах городской территории). Канализация выполнена по децентрализованной схеме и представляет собой ряд разрозненных коллекторов диаметром от 500 до 1500 мм с самостоятельными выпусками в русло и пойму реки. Дождевой канализацией охвачена в основном территория промышленных предприятий и многоэтажной застройки. Кроме поверхностного стока, с территорий предприятий в реку Днепр через ливневые коллектора осуществляется выпуск не требующих очистки производственных стоков ряда крупных предприятий города.

Выпуск стоков от большинства коллекторов осуществляется в реку без очистки. Всего в Днепр поступают ливневые воды 17 выпусков, 6 из которых (в пределах городской территории) являются постоянными.

Насчитывается 21 ливневыпуск в бассейне Дубровенки (17 в русло Дубровенки и 4 в русло Струшни), из которых 6 выпусков непосредственно в Дубровенку и 3 выпуска в Струшню являются постоянными и регулярно контролируются. Очистные сооружения на выпусках в Дубровенку и Струшню отсутствуют.

В г. Борисове на балансе Борисовского городского унитарного предприятия «Жилье» (филиала «Предприятия коммунального хозяйства») имеется ливневая канализация с 7 выпусками в водные объекты (реки Березина, Сха и Плисса). Лишь 1 из 7 выпусков (выпуск в реку Плисса) оборудован очистными сооружениями ливневой канализации, которые предусматривают механическую очистку ливневых и талых сточных вод.

В г. Рогачеве на выпуске ливневых вод в реку Друть (выпуск на балансе ОАО «Рогачевский МКК») имеются очистные сооружения ливневых вод проектной производительностью – 1576800 м<sup>3</sup>/год, фактической – 26,3 м<sup>3</sup>/сутки (9599,5 м<sup>3</sup>/год).

Имеются также очистные сооружения ливневой канализации в г. Жлобине.

В г. Смолевичи на балансе ОАО «Смолевичи Бройлер» (ОАО «Смолевичская бройлерная птицефабрика») также имеются очистные сооружения ливневой канализации, однако выпуска в водный объект нет. В Смолевичском районе на балансе РУП «Национальный аэропорт Минск» также имеются очистные сооружения ливневой канализации без выпуска в водный объект.

Только около 30% от общего количества имеющихся в бассейне выпусков дождевой канализации оборудованы очистными сооружениями.

Действующие дождевые очистные сооружения в основном состоят из прудов-отстойников, после некоторых прудов-отстойников устроены нефтеуловители и лишь незначительное количество выпусков оборудованы современными комплексами дождевых очистных сооружений.

Основной объем поверхностного стока с городских территорий поступает в водные объекты без очистки.

В ряде населенных пунктов бассейна реки Днепр (Быхов, Докшицы, Червень, Чечерск, Брагин, Буда-Кошелево, Славгород, Шклов, Бобруйск и др.) дождевая канализация отсутствует

### **Заключение**

Безвозвратное водопотребления в последние годы снижается (что связано со спадом производства, уменьшением расходов воды на орошение земель, внедрением водосберегающих технологий). Его влияние на изменение водных ресурсов сравнительно невелико.

Анализ характеристик водоотведения показывает, что свыше 70% объёма загрязняющих веществ в белорусской части бассейна поступает со сточными водами семи крупных очистных сооружений. Одним из результативных способов уменьшения поступления загрязняющих веществ из точечных источников следует признать повышение эффективности их удаления на очистных сооружениях.

Задача, связанная с поиском, апробацией и внедрением эффективных технических решений для организации водоотведения в сельской местности, является актуальной. Проблемы водоснабжения и водоотведения в сельской местности диктуют необходимость проведения государственной водохозяйственной политики, обеспечивающей в перспективе устойчивое водопользование в сельской местности и гарантированное право нынешнего и будущих поколений на обеспеченность водными ресурсами.

Особую опасность для загрязнения водных ресурсов представляют расщепленные источники загрязнения, наблюдения за которыми неведутся.

Серьезным источником поступления загрязняющих веществ является поверхностный сток: дождевые коллектора, как правило, имеют выпуски в водные объекты в черте города, т.е. практически в створе водопользования, что усугубляет экологическую ситуацию и часто приводит к превышению установленных нормативов качества воды для водотоков и водоемов соответствующего назначения.

Для уменьшения негативного воздействия поверхностных сточных вод на качество воды водных объектов необходимо строительство очистных сооружений на выпусках дождевой канализации и надлежащая эксплуатация существующих очистных сооружений.

### **Список литературы**

1. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Правила разработки схем комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна реки: ТКП 17.06-02-2008(02120).

2. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2012 год). – Мн.: Минприроды Республики Беларусь, Минздрав Республики Беларусь, 2013.

## ОЦЕНКА И ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИДУНАЙСКИХ РИСОВЫХ СИСТЕМ

**Приходько Н.В., Рокочинский А.Н.**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования,  
г. Ровно, Украина, pryhodko\_natalia@ukr.net

*Performed the analysis of retrospective and recent state of the general efficiency of functioning the Danube rice irrigation systems basis on the complex of substantiated criteria of technological, economic and ecological efficiency and determined their rational values for the studied conditions*

### **Введение**

Современная рисовая оросительная система (РОС) представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных единым технологическим процессом водоподающих, водоотводных и регулирующих элементов в сочетании с рисовыми полями, на которых выращиваются ведущая затапливаемая культура риса и сопутствующие суходольные культуры рисового севооборота, главной целью функционирования которой, является получение устойчивых экономически выгодных и экологически приемлемых урожаев выращиваемых культур [1].

В начале 90-х годов XX ст. большинство рисовых систем Украины, в том числе и Придунайские РОС, перестали отвечать современным техническим, экономическим и экологическим требованиям к их функционированию. Главным образом, это связано с тем, что из-за отсутствия собственного опыта, проектирование, строительство и дальнейшая эксплуатация Придунайских рисовых систем проводились на основе технических норм, разработанных и апробированных для условий Краснодарского края юга России, без необходимого учета и приспособления к погодно-климатическим и сложным гидрогеологическим условиям территории дельты реки Дунай.

В связи с этим, на современном этапе развития отрасли рисоводства в Украине вопрос повышения эффективности функционирования рисовых систем является чрезвычайно важным и актуальным.

Современные аспекты развития рисоводства, а также повышения общей эффективности функционирования рисовых систем Украины рассматриваются в научных трудах М.И. Ромащенко, В.А. Сташука, В.В. Дудченка, Л.Н. Грановской, В.В. Морозова и др. [2, 3, 4, 5, 6].

Сложность решения данного вопроса состоит, в первую очередь, в необходимости одновременного учета всех технологических, экономических и экологических требований к функционированию рисовых систем, и невозможно без проведения анализа и оценки современного и ретроспективного состояния эффективности их функционирования. Это позволит обоснованно подойти к решению вопроса о повышении эффективности функционирования рисовых

систем путем усовершенствования методов управления ими с учетом всех необходимых требований в современных условиях и на приближенную перспективу, в.т.ч. и с учетом изменений климата.

Относительно такой постановки вопроса, общую эффективность функционирования РОС, как сложной природно-технической системы, целесообразно рассматривать в сочетании следующих составляющих [7]:

- *технологической;*
- *экономической;*
- *экологической.*

В свою очередь, проведение оценки эффективности функционирования рисовых систем требует выбора и обоснования соответствующих критериев эффективности, которые должны отражать все основные стороны изучаемого процесса.

Поэтому возникает вопрос выбора и обоснования основных критериев эффективности функционирования рисовых систем, которые могут быть определены с необходимой точностью в производственных условиях. Определение и обоснование таких критериев требует, прежде всего, комплексного исследования и изучения условий формирования продуктивности орошаемых земель рисовой системы и выбора определяющих факторов влияния на нее.

### **Основная часть**

В качестве базы данных для решения данного вопроса нами использованы материалы научно-технических отчетов работы научных экспедиций в составе сотрудников Украинского института инженеров водного хозяйства (ныне Национального университета водного хозяйства и природопользования) и годовых отчетов Одесского областного управления водных ресурсов по выращиванию риса на Килийской РОС в составе Придунайских РОС за период 1966–2011 гг. Рассматриваемый период времени охватывает все основные этапы развития рисоводства в Украине и в данном регионе, начиная от становления и активного развития отрасли до настоящего времени.

Путем проведения многокритериального регрессионного анализа сформированной базы данных с построением матрицы коэффициентов парной корреляции нами был обоснован комплекс критериев оценки эффективности функционирования рисовых систем:

- урожайность риса ( $Y$ , ц/га) – главный показатель экономической эффективности;
- оросительная норма риса ( $M$ , тыс.м<sup>3</sup>/га) – показатель технологической эффективности;
- тепло- и влагообеспеченность периода вегетации ( $p$ , %) – показатель, отражающий эффективность климатического ресурса;
- долевое участие риса в севообороте ( $\theta$ , %) – показатель, отражающий степень мелиоративного воздействия ведущей затапливаемой культуры риса на эколого-мелиоративное состояние орошаемых земель в пределах системы;
- показатель агро-эколого-мелиоративных условий формирования урожая риса ( $A$ , баллы) – показатель, отражающий экологическую эффективность функционирования рисовой системы.

Введенный нами показатель  $A$  выступает в качестве комплексной (интегральной) характеристики влияния водного, солевого, питательного и других режимов почв на условия формирования урожая риса, отражает, по-сути, эффективное плодородие почв в характерных для рисовой системы условиях и определяется отношением фактических значений урожая риса по годам исследований к максимальной его величине, полученной в рассматриваемых условиях.

Целесообразность введения столь обобщенного комплексного показателя обусловлена, прежде всего, чрезвычайной сложностью изучаемого вопроса, для наиболее объективного отражения которого может быть применено практически не ограниченное количество показателей. В свою очередь, их определение осложняется значительной стоимостью проведения соответствующих исследований и связанных с этим затрат времени.

Для более наглядного отражения эффективности функционирования Придунайских РОС нами также использован комплексный критерий в относительном виде (удельный), сочетающий в себе экономическую и технологическую составляющие общей эффективности:

- удельное водопотребление культуры риса ( $\alpha_y$ , тыс.м<sup>3</sup>/ц) – отражает количество оросительной воды, расходуемой на производство 1ц полученного урожая риса.

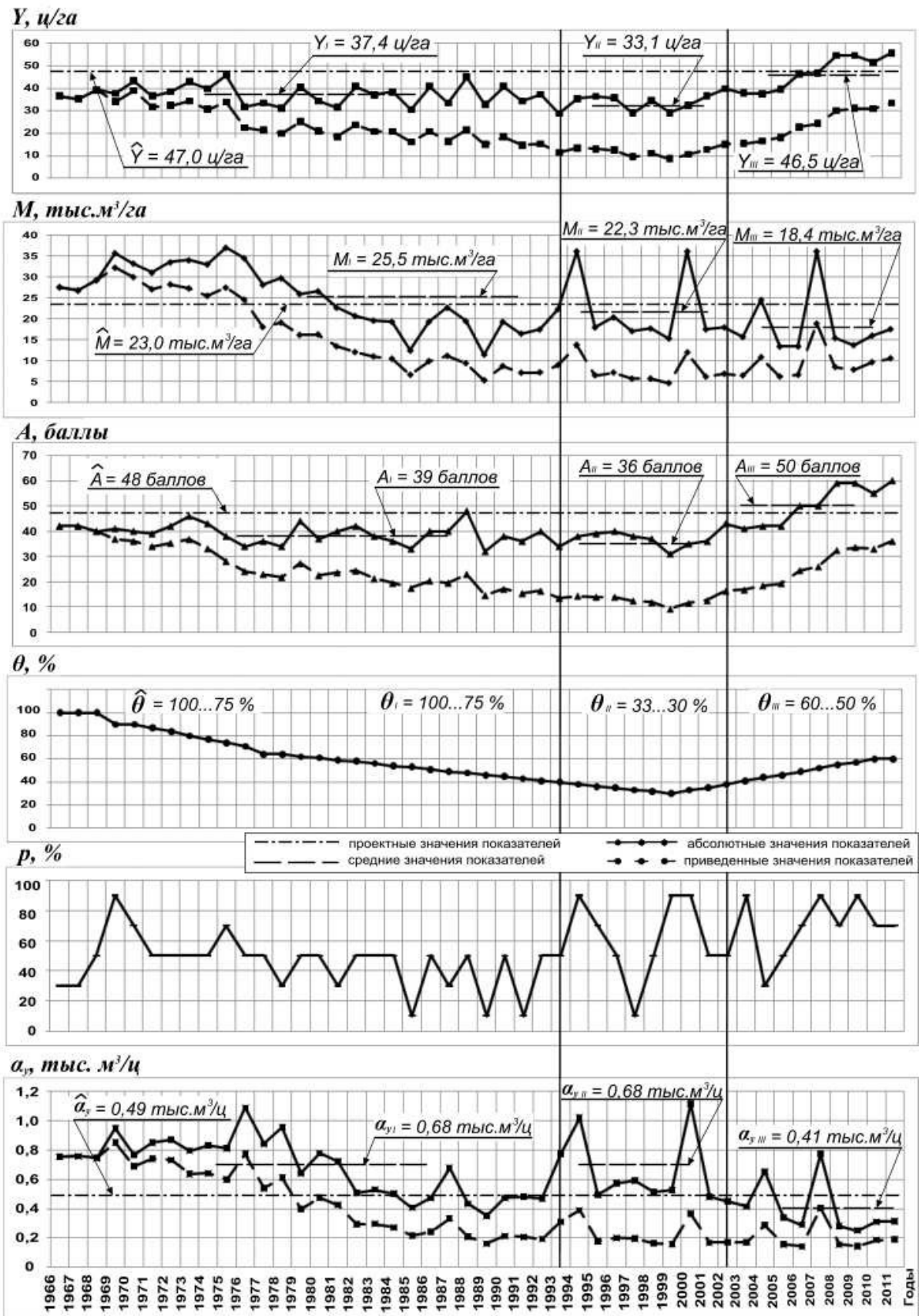
Динамика изменения обоснованного комплекса критериев оценки эффективности функционирования Придунайских РОС за рассматриваемый период времени в абсолютных и приведенных к показателю долевого участия риса в севообороте представлена на рис.1.

Абсолютные значения рассматриваемых критериев отражают реальную ситуацию на землях системы, непосредственно занятых под посевами затопливаемой культуры риса, где ее наличие обеспечивает поддержание требуемого промывного водного режима засоленных почв, необходимого для обеспечения их благоприятного эколого-мелиоративного состояния.

В пределах рассматриваемого периода функционирования Придунайских РОС доленое участие риса в севообороте, как показатель степени мелиоративного воздействия затопливаемой культуры риса на орошаемые земли рисовых систем, существенно изменялось (в среднем от 90 до 30%), это соответственно отразилось как на общей эффективности функционирования Придунайских РОС, так и на ее важнейших составляющих.

Поэтому, представляет интерес динамика изменения обоснованного комплекса критериев оценки эффективности в приведенном к данному показателю виде. Несмотря на очевидную условность такой оценки, приведенные значения критериев позволяют отразить эффективность функционирования рисовой системы в целом, с учетом состояния земель, занятых под посевами суходольных культур рисового севооборота, на которых не обеспечивается поддержание необходимого промывного водного режима со всеми вытекающими отсюда последствиями, а именно ухудшения их агро-эколого-мелиоративного состояния.





**Рисунок 1 – Динамика изменения критериев оценки эффективности функционирования Придунайских РОС за период 1966–2011 гг. (на примере Килийской РОС)**

**Таблица 1** – Матрица коэффициентов парной корреляции исследуемых критериев оценки эффективности за абсолютными и приведенными значениями

Критерии	Y, ц/га	M, тыс.м <sup>3</sup> /га	A, баллы	θ, %	ρ, %
Y, ц/га	1,0000	$\frac{0,8178}{0,7535}$	$\frac{0,1339}{0,9789}$	$\frac{0,6715}{0,9229}$	$\frac{0,5049}{0,2250}$
M, тыс.м <sup>3</sup> /га	$\frac{0,8178}{0,7535}$	1,0000	$\frac{-0,1454}{0,7585}$	$\frac{0,5559}{0,8720}$	$\frac{0,2457}{0,1954}$
A, баллы	$\frac{0,1339}{0,9789}$	$\frac{-0,1454}{0,7585}$	1,0000	$\frac{0,1559}{0,9259}$	$\frac{0,3673}{0,1787}$
θ, %	$\frac{0,6715}{0,9229}$	$\frac{0,5559}{0,8720}$	$\frac{0,1559}{0,9259}$	1,0000	$\frac{-0,0596}{0,0378}$
ρ, %	$\frac{0,5049}{0,2250}$	$\frac{0,2457}{0,1954}$	$\frac{0,3673}{0,1787}$	$\frac{-0,0596}{0,0378}$	1,0000

*Примечание:* в числителе представлены парные коэффициенты корреляции за абсолютными значениями рассматриваемых критериев, а в знаменателе – за приведенными.

Установленное на основании статистического анализа совокупное влияние рассматриваемого комплекса разнородных критериев, характеризующих разные стороны функционирования рисовых систем, оказалось достаточно существенным, поскольку коэффициент их множественной корреляции  $r = 0,9426$ .

В результате сравнения исследуемых данных по обоснованным критериям оценки эффективности в абсолютном и приведенном виде нами выделены три, характерных периода функционирования Придунайских РОС, выраженных относительно долевого участия затопляемой культуры риса в севообороте.

1) 1966–1992 гг. – период с высоким содержанием риса в севообороте (100...75%) – многолетнее интенсивное выращивание риса с завышенным в целом значениям оросительных норм (в среднем 25,5 тыс.м<sup>3</sup>/га) относительно их проектного уровня (23,0 тыс.м<sup>3</sup>/га) обусловили развитие деградационных процессов, переувлажнение орошаемых земель, ухудшение их эколого-мелиоративного состояния и снижение урожайности риса к 37,4 ц/га;

2) 1993–2001 гг. – период с низким содержанием риса в севообороте (33...30%) – характеризуется дальнейшим значительным ухудшением эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель за счет относительно резкого изменения выраженного промывного водного режима почв в предыдущий период на интенсивный выпотной, что обусловило развитие вторичного засоления орошаемых земель практически на 70 % площади системы и снижение урожайности риса к 33,1 ц/га;

3) 2002–2011 гг. – период со средним содержанием риса в севообороте (60...50 %) – вследствие появления в отрасли рисоводства инвестора главный акцент сделан на ведение производства на интенсивной основе с использованием современной сельскохозяйственной техники, новых высокопродуктивных сортов риса, соответствующих почвенно-климатическим условиям дельты реки Дунай, внесением всего необходимого комплекса удобрений и средств защиты растений. При этом, повышение долевого участия риса к 60...50 % от площади системы и стремление к соблюдению всех режимно-технологических требований его выращивания несколько нормализовали эколого-мелиоративное состояние орошаемых земель Придунайских РОС, и как результат, обеспечило повышение урожайности риса к 46,5 ц/га.

Сопоставление рассматриваемых характерных периодов функционирования Придунайских РОС по обоснованному комплексу критериев оценки эффективности выполнено в табл. 1.

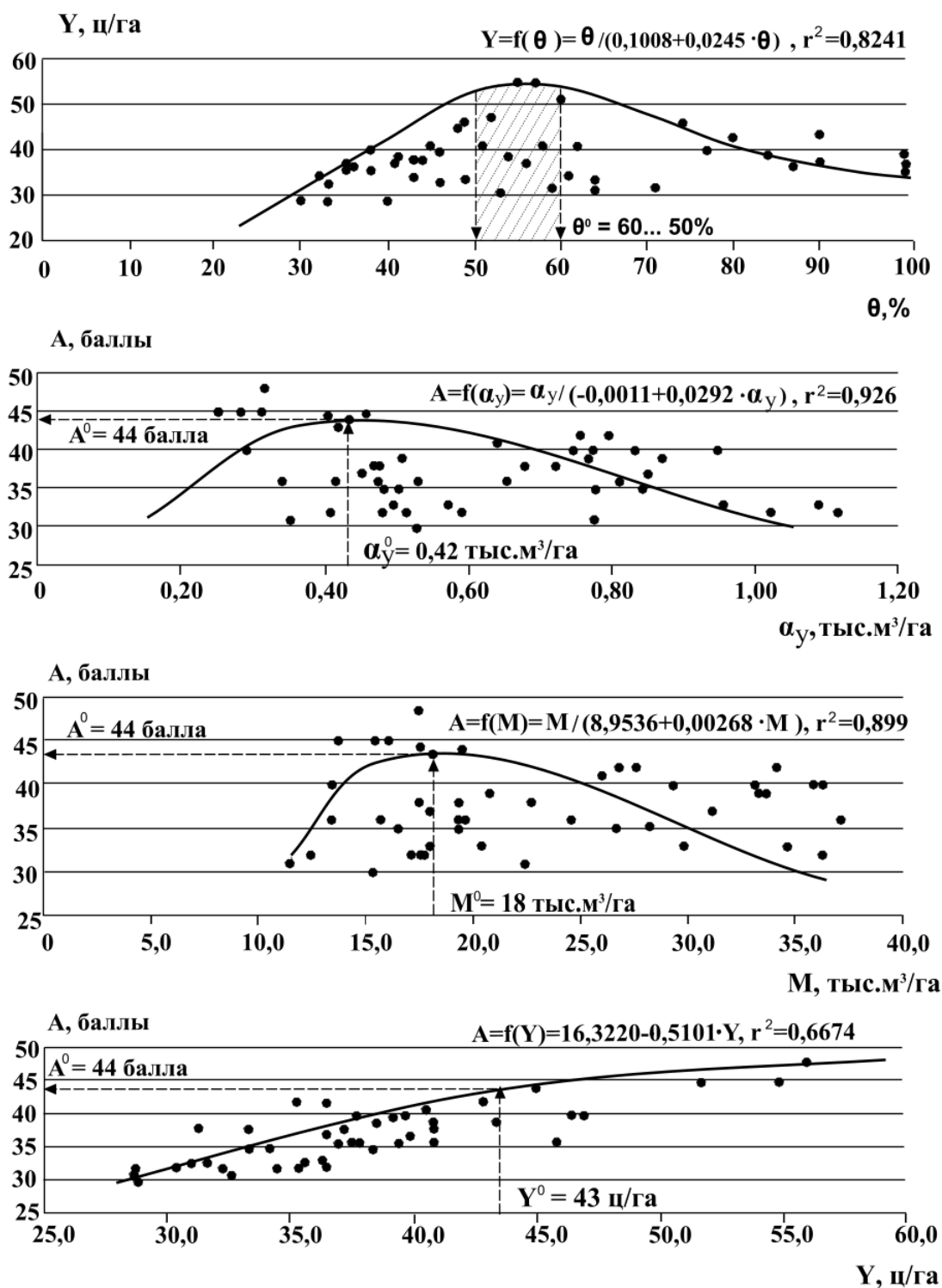
**Таблица 1** – Сопоставление характерных периодов функционирования Придунайских РОС по обоснованному комплексу критериев оценки эффективности (на примере Килийской РОС)

<b>Значения критериев</b>	<b>Y, ц/га</b>	<b>M, тыс.м<sup>3</sup>/га</b>	<b>A, баллы</b>	<b>α, тыс.м<sup>3</sup>/ц</b>
<i>проектное значение</i>	47	23	48	0,49
<i>Период с долевым участием риса в севообороте 100...75% (1966-1992 гг.)</i>				
<i>максимум</i>	<u>45,8</u> 39,3	<u>37,1</u> 32,2	<u>48</u> 42	<u>1,09</u> 0,85
<i>минимум</i>	<u>30,6</u> 14,7	<u>11,5</u> 5,3	<u>32</u> 15	<u>0,35</u> 0,16
<i>среднее значение</i>	<u>37,4</u> 25,2	<u>25,5</u> 18,1	<u>39</u> 27	<u>0,68</u> 0,48
<i>Период с долевым участием риса в севообороте 33...30% (1993-2001 гг.)</i>				
<i>максимум</i>	<u>36,6</u> 13,5	<u>36,2</u> 13,8	<u>40</u> 14	<u>1,12</u> 0,39
<i>минимум</i>	<u>28,9</u> 8,7	<u>15,3</u> 4,6	<u>31</u> 9	<u>0,48</u> 0,16
<i>среднее значение</i>	<u>33,1</u> 11,5	<u>22,3</u> 7,8	<u>36</u> 13	<u>0,68</u> 0,24
<i>Период с долевым участием риса в севообороте 60...50% (2002-2011 гг.)</i>				
<i>максимум</i>	<u>55,8</u> 35,5	<u>36,2</u> 18,8	<u>60</u> 36	<u>0,77</u> 0,40
<i>минимум</i>	<u>37,6</u> 15,2	<u>13,4</u> 6,2	<u>41</u> 16	<u>0,25</u> 0,14
<i>среднее значение</i>	<u>46,5</u> 23,8	<u>18,4</u> 9,2	<u>50</u> 26	<u>0,41</u> 0,20

*Примечание:* в числителе представлены абсолютные значения обоснованных критериев, а в знаменателе – приведенные.

Правомерность выделения характерных периодов функционирования Придунайских РОС обоснована результатами дисперсионного анализа, выполненного как по абсолютным, так и по приведенным значениям обоснованных критериев эффективности на основе сравнения соответствующих теоретических и фактических значений критерия Фишера.

Наличие базы данных по выращиванию риса на Придунайских РОС практически за 50-летний период и обоснованный комплекс критериев эффективности их функционирования дают возможность определить рациональные для исследуемых умов величины этих показателей (рис. 2).



**Рисунок 2** – Определение рациональных величин критериев оценки эффективности функционирования Придунайских РОС

Путем аппроксимации были установлены зависимости между рассматриваемыми критериями оценки эффективности, на основании которых были определены их рациональные для условий Придунайских РОС величины с учетом технологических, экономических и экологических требований к их функционированию:  $\theta^0 = 60 \dots 50\%$ ,  $Y^0 = 43 \text{ ц/га}$ ,  $M^0 = 18 \text{ тыс.м}^3/\text{га}$ ,  $A^0 = 48 \text{ баллов}$ ,  $\alpha_y^0 = 0,44 \text{ тыс. м}^3/\text{с}$ .

Сравнительная характеристика установленных рациональных величин критериев оценки эффективности функционирования Придунайских РОС с их проектными значениями приведена в табл.2.

**Таблица 2 – Сравнительная характеристика критериев оценки эффективности функционирования Придунайских РОС**

Критерии	$\theta$ , %	$Y$ , ц/га	$M$ , тыс.м <sup>3</sup> /га	$A$ , баллы	$\alpha_y$ , тыс.м <sup>3</sup> /ц
Проектные значения	100...75	47	23,0	48	0,49
Рациональные значения	60...50	43	18,0	44	0,42

### **Заключение**

Таким образом, важным на сегодня условием повышения общей эффективности функционирования рисовых систем является разработка рациональных режимов орошения культур рисового севооборота, основанных на принципах ресурсо- и энергосбережения с учетом как экономического, так и экологического аспектов их выращивания, а установленные рациональные величины целесообразно рассматривать как ориентиры на пути достижения максимальной эффективности функционирования Придунайских РОС, как в современных условиях, так и на ближайшую перспективу, в том числе с учетом существующих тенденций изменения климата.

### **Список литературы**

1. Зайцев, В.Б. Рисовая оросительная система / В.Б. Зайцев – М.: Колос, 1975. – 360 с.
2. Ромащенко, М.І. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення / М.І. Ромащенко, С.А. Балюк. – К.: Світ, 2000. – 114 с.
3. Сташук, В.А. Сучасний стан та шляхи підвищення загальної еколого-економічної ефективності рисових зрошувальних систем / В.А. Сташук, А.М. Рокочинський, Л.М. Грановська // Водне господарство України. – 2012.– № 1 (97). – С.19–21.
4. Дудченко, В.В. Районування зони рисосіяння України / В.В. Дудченко, М.Ф. Кропивко, Р.В. Морозов, А.І. Чекамова. – Херсон: Стар, 2009. – 95с.
5. Дудченко, В.В. Рисівництво в Україні: історія, агроресурсний потенціал, ефективність / В.В. Дудченко, Р.В. Морозов – Херсон: Вид-во ХДУ, 2009. –106 с.
6. Підвищення ефективності рисових зрошувальних систем України [науково-методичні рекомендації /Дудченко В.В., Грановська Л.М., Рокочинський А.М., Мендусь С.П. та ін.]. – Херсон – Рівне, 2011. – 104с.
7. Рокочинський, А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія / А.М. Рокочинський. – Рівне: Національний університет водного господарства та природокористування, 2010. – 351 с.

УДК 631.626.3

## **РАСЧЕТ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ РАЗНОУРОВНЕВЫМИ ДРЕНАМИ ДРЕНАЖНО-МОДУЛЬНЫХ СИСТЕМ**

**Рокочинский А.Н., Ткачук Н.Н., Ткачук Р.Н.**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования,  
г. Ровно, Украина, maup30@mail.ru

*The technology of the ground water level regulation with the help of self-regulated modules is presented and the methodology of distances calculation between drains*

## Введение

Для обеспечения необходимого регулирования УГВ в заданные сроки необходимо рассчитывать глубины укладки дрен и расстояния между ними. От оптимального определения этих параметров зависит не только динамика и глубина расположения УГВ, но и стоимость устройства дренажа, необходимость в строительных материалах и конструкциях и в конечном расчете экономическая эффективность дренажа. Для расчетов расстояний между дренами были рассмотрены различные методики, основными из которых являются теоретические (гидромеханические) или эмпирические. Первая из них базируется на использовании закономерностей движения грунтовой воды в дренажном поле и является в теоретическом плане наиболее обоснованным.

Теоретическому и эмпирическому определению расстояний между дренами посвящено большое количество научных работ, в частности, Аверьянова С.Ф. [1], Маслова Б.С. [2], Мурашко А.И. [3], Олейника О.Я. [4], Полякова В.Л. [5], Климкова В.Т. [6], Климко А.И. [7] и других.

Все расчеты расстояний между дренами распределены на несколько групп:

- от конструкций дрен и конструкций дренажных систем;
- с учетом несовершенства дрен по характеру и степени вскрытия водоносного пласта;
- при неустановившейся фильтрации грунтовых вод к дрене;
- с учетом осадков и испарения;
- в однородных и многослойных грунтах.

## Основная часть

Рассмотрим расчет расстояний между дренами дренажных модулей, устроенных с мелких и глубоких дрен (рис. 1), и сравним исследования дренажных модулей [8], в которых глубокая дрена подключается к глубокому коллектору или к мелкому и глубокому коллекторам одновременно [9]. Сначала рассмотрим дренажный модуль, в котором глубокая дрена является совершенной по степени вскрытия водоносного слоя, то есть расстояние от водоупорного слоя до глубокой дрены равно нулю, а мелкая дрена несовершенна по степени вскрытия водоносного пласта и расположена над водоупорным слоем. Но обе дрены одинаковые по характеру вскрытия водоносного слоя. Выполним расчет расстояний между совершенной и несовершенной дренами.

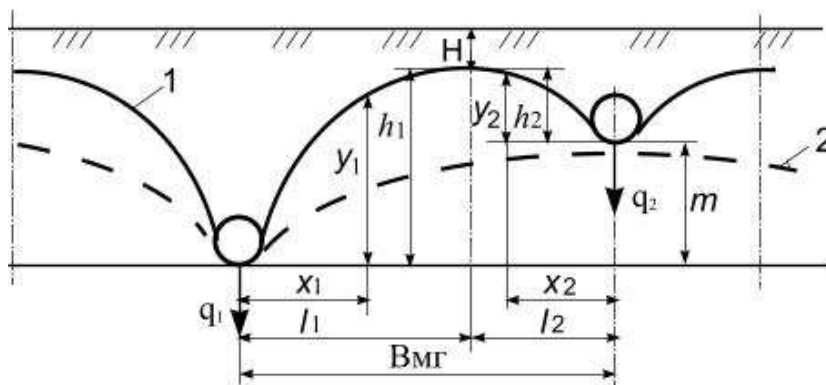
Впервые теоретический расчет расстояний между дренами был проведен для случая однородного грунта, а дрена располагалась на водоупорном слое – совершенная по степени и характеру вскрытия водоносного пласта, а перехваченная дренами вода движется к ней под действием градиента напора и отводится в виде дренажного стока.

Удельный приток грунтовой воды  $q$ , поступающей к систематическим совершенным глубокой и мелкой дренам от водораздела (рис. 1), в общем виде описывается уравнением:

$$q = \omega \cdot V, \quad (1)$$

где  $\omega$  – площадь поверхности равного напора, приходящаяся на единицу

длины дрены;  $V$  – скорость фильтрации воды в почве,  $V = \frac{dh}{dx}$ ;  $\frac{dh}{dx}$  – градиент напора, который соответствует данной поверхности напора.



1 – режим формирования дренажного стока в период паводкового цикла (режима интенсивного понижения УГВ к посевной нормы осушения  $H$ ), 2 – режим регулирования УГВ в течение вегетационного периода

**Рисунок 1** – Схема для расчета регулирующего дренажного модуля (глубокая дрена на водоупорном слое параллельная мелкой дрены)

Приток грунтовых вод к совершенным дренам дренажного модуля при расположении глубокой дрены на водоупорном слое, согласно схеме (рис. 1) можно описать математически. Для расчета расстояния между мелкой и глубокой дренами дренажного модуля по схеме (рис. 1) при почвенном питании используем уравнения (1) – притока грунтовой воды к глубокой (2) и мелкой (3) дренам

$$ky_1 \cdot \frac{dy_1}{dx_1} = q_1 (l_1 - x), \quad (2)$$

$$-ky_2 \cdot \frac{dy_2}{dx_2} = q_2 (l_1 + l_2 - x). \quad (3)$$

Разделив переменные в уравнениях (2) и (3) и проинтегрировав уравнения по  $x$  и по  $y$ , получим (4) и (5) – расстояние от водораздела к систематическим глубокой и мелкой дренам (в формулах 4 и 5 учтен напор воды в дренах):

$$l_1 = 2 \sqrt{\frac{k(h_1^2 - h_{01}^2)}{q_1}}, \quad (4)$$

$$l_2 = 2 \sqrt{\frac{k(h_1^2 - m^2 - h_{02}^2)}{q_2}}, \quad (5)$$

где  $l_1, l_2$  – расстояния от максимального УГВ, соответственно, к глубокой и мелкой дренам (в формулах 4 и 5 учтен напор воды в дренах);  $h_1$  – максимальный уровень грунтовых вод в между дренами (см. рис.1);  $k$  – коэффициент фильтрации грунта.

Для дренажного модуля (рис. 1), который включает параллельно расположенные систематические дрена мелкой и глубокой укладки в почву, полное

расстояние от водораздела до этих дрен [8], учитывая, что  $B_{.мz} = l_1 + l_2$ , будет равно:

$$B_{.мz} = 2 \left[ \sqrt{\frac{k}{q_1} (h_1^2 - h_{01}^2)} + \sqrt{\frac{k}{q_1} (h_1^2 - m^2 - h_{01}^2)} \right], \quad (6)$$

где  $h_1$  – максимальный уровень грунтовых вод между дренами, м;  $m$  – мощность водоносного слоя под мелкой дренаем, м;  $h_{01}$ ,  $h_{02}$  – напор в мелкой и глубокой дренах;  $q_1, q_2$  – интенсивность притока воды к дренам, соответственно к глубокой и мелкой дренам.

Полусумма притоков воды  $q_1, q_2$ , соответственно к мелкой и глубокой дренам, есть среднесуточная интенсивность инфильтрационного притока воды к грунтовым водам  $\bar{q}$ :

$$\bar{q} = \frac{q_1 + q_2}{2}. \quad (7)$$

Среднесуточную интенсивность притока воды к грунтовым водам можно определить используя уравнения водного баланса:

$$M = E - (\Delta W + P), \quad (8)$$

где  $E$  – суммарное испарение за расчетный период, м<sup>3</sup>/га;  $\Delta W$  – продуктивный запас влаги на начало расчетного периода, м<sup>3</sup>/га;  $P$  – сумма осадков, м<sup>3</sup>/га.

В этом случае регулирование величины  $M$  проблематично, поскольку осушительные системы работают, в основном, на отвод воды из корнеобитаемого слоя. При использовании вместо обычного дренажа дренажных модулей и с учетом рекомендаций [1] уравнение будет иметь вид:

$$\bar{q} = (1 - \alpha)P - E + \Delta W, \quad (9)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий часть атмосферных осадков, которые поступили на подпитку грунтовых вод.

Дренажный сток  $\bar{q}$  распределяется (10, 11) между глубокой и мелкой дренами в соотношении:

$$q_1 = a_1 \cdot \bar{q} \quad (10)$$

$$q_2 = a_2 \cdot \bar{q} \quad (11)$$

Коэффициенты  $a_1$  и  $a_2$  зависят от разницы глубин  $\Delta h$  – укладки в грунт мелкой и глубокой дрен и связаны между собой соотношением:

$$a_2 = 2 - a_1. \quad (12)$$

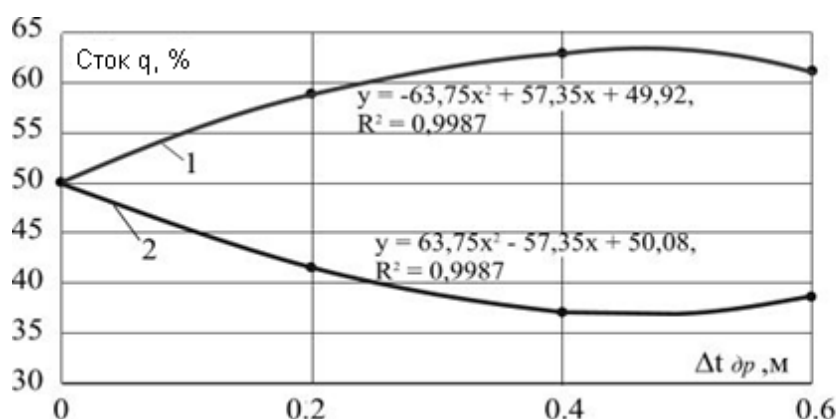
Коэффициент  $a_1$  был определен опытным путем для различных значений перепада  $\Delta h$  между мелкой и глубокой дренами, параллельно расположенными в плане и по высоте (табл. 1).

**Таблица 1**

Перепад между дренами $\Delta h, м$	0,2	0,4	0,6
Коэффициент $a_1$	1,069	1,092	1,116



Результаты экспериментальных исследований распределения стока между мелкими и глубокими дренами при перепаде  $\Delta h$  между глубинами укладки мелкой и глубокой дрен регулирующего дренажного модуля приведены на графике (рис. 2).



**Рисунок 2** – График распределения стока между глубокой (1) и мелкой (2) дренами при  $\Delta t = 0$ ,  $\Delta t = 0,2$  м,  $\Delta t = 0,4$  м и  $\Delta t = 0,6$  м

Анализируя график (рис. 2), можно сделать вывод, что разница стока между мелкой и глубокой дренами, обусловленная разницей глубин  $\Delta h$  – укладки этих дрен в грунт, что в свою очередь является определяющим для создания регулирующего эффекта на осушительной сети. Вместе с тем, несмотря на характер и особенности формирования дренажного стока, сток с глубокой дрены существенно отличается от стока с мелкой дрены (при  $\Delta t = 0,2$  м – 18%;  $\Delta t = 0,4$  м – 30%;  $\Delta t = 0,6$  м – 24%, что в среднем составляет 24%), а поэтому понятно, что на сток с дрен влияют условия перепада  $\Delta h$  между глубинами укладки мелкой и глубокой дрен.

Если сравнить со стоком традиционных дрен, то видно, что присутствует аккумуляционный эффект, а вместе с тем колебание УГВ между мелкими и глубокими дренами дренажного модуля.

Среднесуточную интенсивность притока воды  $\bar{q}$  к грунтовым водам (7), определяем по (8) расчетом водного баланса.

Расчет суммарного испарения можно определить по формуле (13) – Янголя А.М.:

$$E = \alpha' \cdot Y + n \cdot \sum D, \quad (13)$$

где  $\alpha'$  – коэффициент водопотребления;  $Y$  – проектная урожайность, т/га;  $n$  – коэффициент, зависящий от средней нормы осушения в вегетационный период;  $D$  – дефицит влажности.

Производственный запас влаги определяется по формуле:

$$\Delta W = \rho \cdot h_a (\gamma_{opt} - \gamma_{min}), \quad (14)$$

где  $\gamma_{opt}$ ,  $\gamma_{min}$  – соответственно оптимальный и минимально допустимый запас влаги в почве, %;  $h_a$  – глубина активного слоя почвы;  $\rho$  – скважность почвы.

Используя (9), можно получить среднее значение дренажного стока  $\bar{q}$ . Дренажный сток  $\bar{q}$  делится между глубокой и мелкой дренами в соотношении

(см. табл.1 и формулы (10) и (11)). По такой же аналогии рассчитываем расстояния между дренами для перепадов 0,4 м и 0,6 м.

Рассмотрим случай, когда дрена глубокой укладки подключена к глубокому коллектору, а мелкая – к мелкому коллектору (рис. 1).

Поэтому для нахождения гидрологических характеристик дренажного модуля при почвенном питании можно использовать расчетную формулу (6) [2].

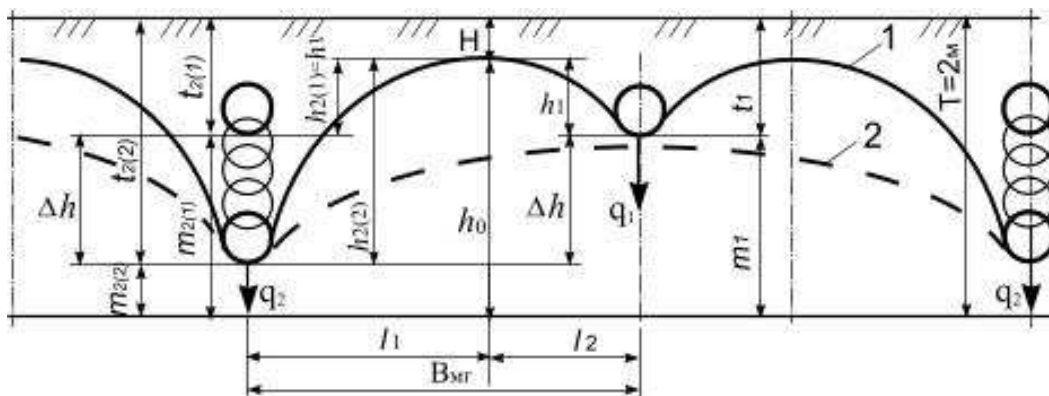
Если при этом величинами  $h_{01}^2$ ,  $h_{02}^2$  (6) пренебречь, поскольку они значительно меньше  $h_0^2$ ,  $m_1^2$ ,  $m_2^2$ , тогда формула (15) будет иметь вид:

$$B_{мз} = 2 \left[ \sqrt{\frac{k}{q_1} h_1^2} + \sqrt{\frac{k}{q_2} (h_1^2 - m_2^2)} \right]. \quad (15)$$

Для расчета расстояния между мелкой и глубокой дренами, которые устроены над водоносным флюем, можно использовать следующую зависимость:

$$B_{мз} = 2 \left[ \sqrt{\frac{k}{q_1} (h_1^2 - m_1^2)} + \sqrt{\frac{k}{q_2} (h_1^2 - m_2^2)} \right]. \quad (16)$$

Рассмотрим дренажный модуль, в котором глубокая дрена подключается к мелкому и глубокому коллекторам одновременно (рис. 3).



1 – режим формирования дренажного стока в период паводкового цикла (режима интенсивного понижения УГВ к посевной норме осушения  $H$ ), 2 – режим регулирования УГВ в течение вегетационного периода

**Рисунок 3** – Схема для исследования гидрологических характеристик сети и расчета расстояния между дренами регулирующего дренажного модуля (глубокая дрена подключена к мелкому и глубокому коллекторам одновременно)

Согласно расчетной схеме (рис. 3), напор  $h_1$  на дрена мелкой укладки в почву, при постоянном УГВ, не изменяется по ее длине (от истоковой до устьевой части) и составляет  $h_1$ , поэтому определить его можно по следующей зависимости

$$h_1 = h_0 - m_1. \quad (17)$$

Напор на дрена глубокой укладки, при постоянном УГВ, будет изменяться по длине дрены от  $h_2 > h_1$ , при этом меньше его значение будет в истоковой части дрены и равно значению мелкой дрены (см. рис. 3), и будет определяться как

$$h_{2(1)} = h_1 = h_0 - m_2^{\max}. \quad (18)$$

Наибольший напор  $h_2$  на дренах глубокой укладки вложения будет в устьевой части дрены

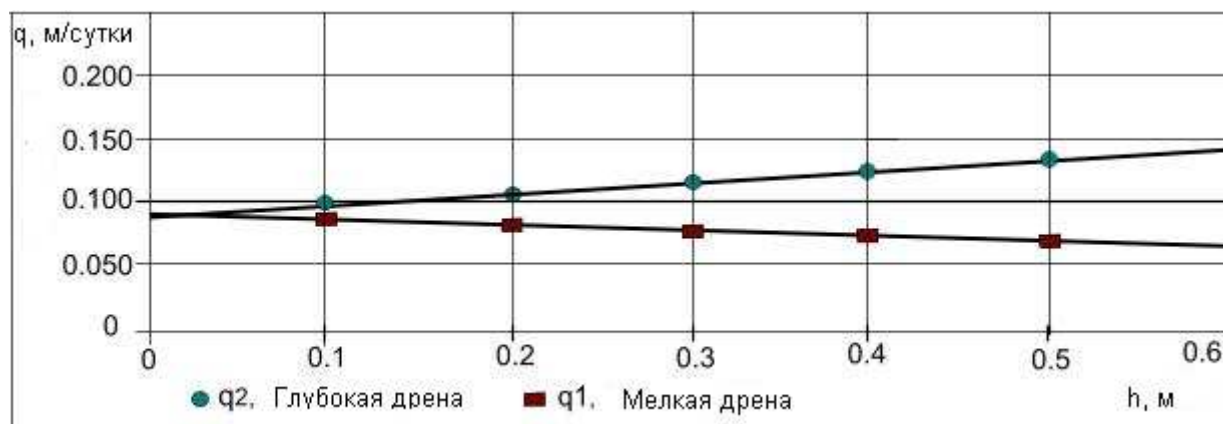
$$h_{2(2)} = h_0 - m_2^{\min}. \quad (19)$$

Исходя из расчетной схемы (рис. 3) и формул (3), (4), (5), напор на дренах глубокого вложения будет изменяться в пределах

$$h_0 - m_2^{\max} \leq h_2 \leq h_0 - m_2^{\min}. \quad (20)$$

Если использовать приведенные формулы, а исходные данные принять близкими к реальным, то можно построить графики зависимости  $q = f(H)$ , для различных расстояний между дренами, для дрены мелкой и глубокой укладки (глубокая дрена подключена до мелкого и глубокого коллекторов одновременно).

Из графика (рис. 4) можно сделать вывод, что если глубокая дрена подключена одновременно к мелкому и глубокому коллекторам, сток из нее изменится по длине – от стока, значение которого равно стоку с мелкой дрены, к стоку, равной  $m_{ax}$  значению при  $m_{ax}$  напоре в устьевой части глубокой дрены.

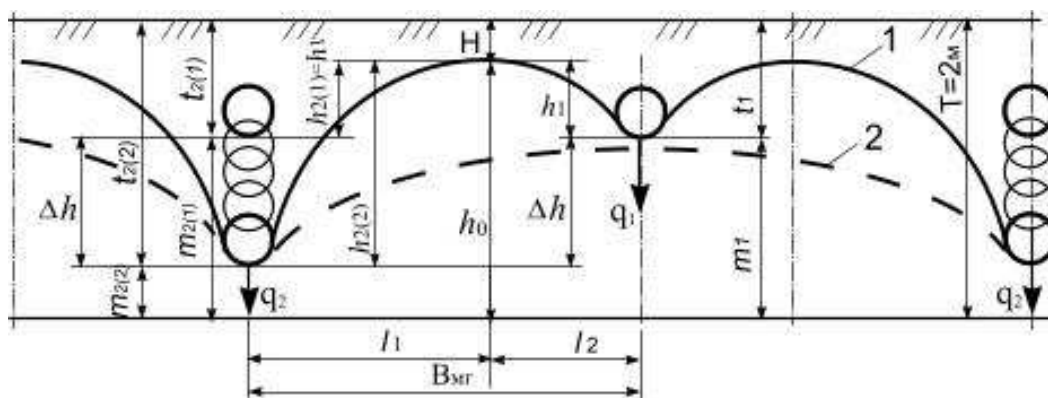


**Рисунок 4** – График изменения удельного стока  $q$  от напора  $h$  ( $k_{\phi}=1$ ), по длине дрены глубокого и мелкого вложения, при их совместной работе (см. рис. 3)

Анализ зависимости (16) для расчета расстояния между дренами дренажного модуля (рис. 1) показывает, что она может быть использована (после простых уточнений) для расчета дренажного модуля (рис. 3), в котором глубокая дрена подключена одновременно к мелкому и глубокому коллекторам одновременно

$$B_{мг} = 2 \left[ \sqrt{\frac{k}{q_2} (h_0^2 - \Delta h^2)} + \sqrt{\frac{k}{q_1} (h_0^2 - m_1^2)} \right], \quad (21)$$

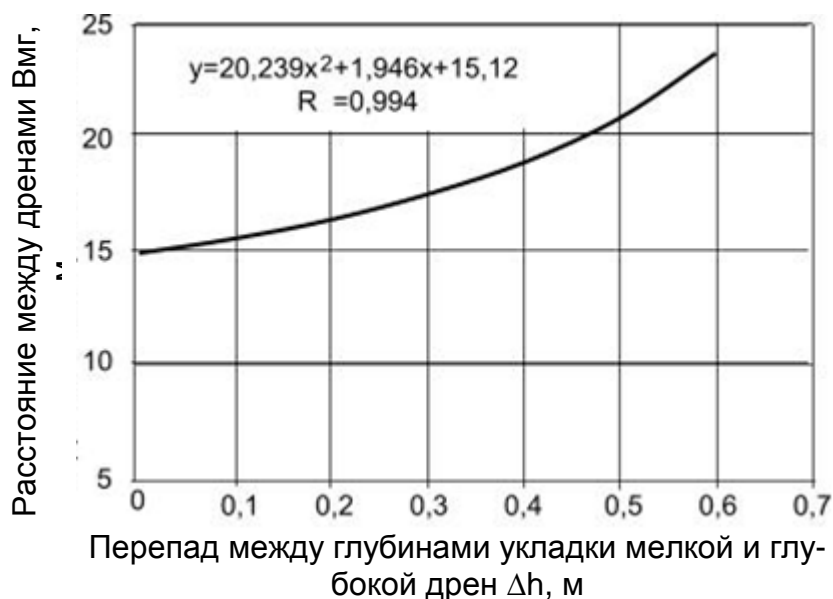
где  $h_0$  – напор на  $d$  максимальный уровень воды между дренами, м;  $m_1$  – мощность водоносного слоя под мелкой дрена, м;  $\Delta h$  – перепад между глубинами вложения мелкой и глубокой дрены, м;  $q_1, q_2$  – интенсивность притока воды к дренам, соответственно к глубокой и мелкой.



1 – режим формирования дренажного стока в период паводкового цикла (режима интенсивного понижения УГВ к посевной норме осушения  $H$ ), 2 – режим регулирования УГВ в течение вегетационного периода

**Рисунок 5** – Схема для исследования гидрологических характеристик сети и расчета расстояния между дренами регулирующего дренажного модуля (глубокая дрена подключена к мелкому и глубокому коллекторам одновременно)

Формулу (21) можно использовать для теоретического расчета расстояний между мелкой и глубокой дренами – для случая однородной почвы и если глубокая дрена является частично совершенной по степени вскрытия водоносного пласта (в устьевой части достигает водоупорного слоя) и совершенной по характеру вскрытия водоносного пласта. А расстояния изменяются в зависимости от перепада  $\Delta h$  между глубинами укладки мелкой и глубокой дрен (рис. 5).



**Рисунок 6** – Зависимость  $B_{др} = f(\Delta h)$  – расстояния между дренами  $B_{др}$  от перепада  $\Delta h$  между глубинами укладки мелкой и глубокой дрен

Анализируя гидрологическое действие дренажных модулей (которое, в наибольшей степени, является определяющим для проектирования расстояний между дренами) при различных вариантах укладки глубоких дрен, можно утверждать, что подключена к мелкому и глубокому коллекторам дрена одновременно (рис. 6) играет важную роль во время критического (под руслового) водного режима – периода весенних паводков во время наводнения или па-

водков, возникающих от летних ливневых дождей. В результате исследований нам удалось разработать дренажно-модульные системы (рис. 1 и рис. 5) и исследовать, что они эффективны для регулирования уровня грунтовых вод, что позволяет решать проблемы экономические, экологические и хозяйственные, возникающие в рыночных условиях.

С другой стороны, исследования гидрологического действия дренажных модулей (рис. 1 и рис. 5) позволяет разрабатывать и проектировать конструкции дренажно-модульных систем, совершенствовать их параметры (в том числе расстояния между дренами), с учетом конкретных гидрогеологических и погодных условий.

### **Выводы**

1. С уменьшением напора на глубокую дрена, подключенную одновременно до мелкого и глубокого коллекторов, сток из нее уменьшается к объему, равному объему стока с мелкой дрена, что позволяет уменьшать сток с дрена, особенно в летний период, и в большей степени аккумулировать грунтовые воды в корнеобитаемом слое и равномерно, в течение вегетационного периода, обеспечивать с/х культуры водой.

2. Сток  $q$  с глубокой дрена, подключенной одновременно к мелкому и глубокому коллекторам, изменяется по длине глубокой дрена (от истока до устья), в зависимости от напора  $H$ , от 0,62 до 0,02 м / сутки, что позволяет в более продолжительные сроки в вегетационный период обеспечивать культуры грунтовой водой.

3. При совместной работе дрена глубокого и мелкого вложения, на сток с мелкой дрена влияет глубокая дрена, и, чем больше напор будет в устье глубокой дрена, тем меньше сток наблюдается с мелкой дрена, и наоборот.

4. На основе данных исследований дренажных модулей можем утверждать, что дренажные модули более совершенны именно для регулирования водного режима почв, и это требует дальнейших исследований их гидрологического действия.

### **Список литературы**

1. Аверьянов, С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. – М.: Колос, 1978. – 288 с.

2. Маслов, Б.С. Осушительно-увлажнительные системы / Б.С. Маслов, В.С. Станкевич, В.Я. Черненко – Москва: Колос, 1980. – 279 с.

3. Мурашко, А.И. Горизонтальный пластмассовый дренаж. – Мн.: Ураджай, 1973. – 208 с.

4. Олейник, А.Я. Геогидродинамика дренажа. – Киев: Наукова думка, 1981. – 283 с.

5. Поляков, В.Л. Расчет совместного действия двух дренажных систем: сборник // Гидравлика и Гидромеханика. – Киев: Техника, 1997. – Вып. 58. – С. 78–84.

6. Климов, В.Т. Совершенствование конструкций мелиоративных систем на основе полимерных материалов: автореферат дисс. на соиск. уч. степени. – Минск, 1996. – 33 с.

7. Климов А.И. [и др.] Расчеты оптимальных параметров сельскохозяйственного дренажа / А.И. Климов [и др.] – М.: Колос, 1979. – 143 с.

8. Ткачук, Н.Н. Анализ методик расчета расстояний между ризноглибокими дренами для проектирования дренажно-модульных систем // Вестник НУВХП: сб. науч. трудов. – Вып. 3 (43). – Ровно, 2008. – С. 112–124.

## ОЦЕНКА ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Рокочинский А.Н., Турченко В.А., Приходько Н.В., Заец В.В.

Национальный университет водного хозяйства и природопользования,  
Украина, kaf\_hydromelioration@nuwm.rv.ua

*In the article discussed the necessity and approaches to assessing weather and climate conditions in assessing the efficiency of the rice irrigation systems*

### Введение

В последние годы рис как ценная зерновая культура составляет весьма значительную долю в пищевом балансе населения Украины. Ежегодное потребление этого продукта колеблется от 180 до 200 тыс. тонн и в дальнейшем имеет устойчивую тенденцию к увеличению. Поэтому рисоводство является важной стратегической составляющей аграрного производства Украины.

60–70-е годы прошлого века приходятся на период становления и активного развития отрасли рисоводства в Украине. В этот период в строительство и инфраструктуру специализированных рисовых хозяйств вкладывались большие средства, за счет чего был создан мощный производственный потенциал отрасли. Однако из-за отсутствия собственного опыта проектирование, строительство и дальнейшая эксплуатация подавляющего числа рисовых оросительных систем (РОС) Украины проводились на основе технических норм, разработанных и апробированных для условий Краснодарского края юга России, без необходимого учета и приспособления к погодноклиматическим и сложным гидрогеологическим условиям зоны рисосеяния государства [1].

В связи с этим, в начале 90-х годов большинство рисовых систем Украины перестали отвечать современным технико-экономическим и экологическим требованиям. Поэтому возникает необходимость поиска и реализации путей повышения общей эффективности функционирования РОС. Решение поставленной задачи целесообразно рассматривать на примере Придунайских РОС, поскольку они по эксплуатационным и конструктивным особенностям являются типичными для зоны рисосеяния Украины. Учитывая специфику функционирования Придунайских РОС, решение проблемы повышения их эффективности должно основываться на следующих основных задачах:

- обеспечение и поддержание благоприятного эколого-мелиоративного состояния засоленных орошаемых земель РОС;
- повышение эффективности водорегулирования РОС;
- повышение эффективности водопользования РОС на основе его оценки и нормирования.

Определение РОС как сложной природно-технической системы предполагает необходимость учета в первую очередь всех природных факторов, непо-

средственно влияющих на эффективность ее функционирования, в частности и погоднo-климатических условий [2].

В связи с этим, оценка погоднo-климатического фактора является неотъемлемым условием реализации оценки общей эффективности функционирования РОС.

### **Основная часть**

Для решения поставленной задачи нами был спланирован и осуществлен широкомасштабный машинный эксперимент на ЭВМ на основе многолетних ретроспективных (1891–1964) и современных (1981–2012) данных наблюдений Дунайской гидрометеорологической обсерватории (г. Измаил, Одесская область). При этом использованы модели прогнозной оценки на долгосрочной основе нормированного распределения в многолетнем и внутривегетационном разрезе основных метеорологических характеристик по методам, информационному и программному обеспечению их реализации на ЭВМ, разработанных на кафедре природообустройства и гидромелиораций НУВХП [3, 4].

Варианты исследования:

Вариант 1 – «Base»: характеристика основных метеофакторов за период вегетации (IV-X месяцы), полученных по многолетним ретроспективным справочным данным [5];

Вариант 2 – «Recent»: динамика и нормированные среднемноголетние значения величин основных метеофакторов и их распределения за период вегетации (IV-X месяцы), полученные в современных условиях (данные Дунайской гидрометеорологической обсерватории, г. Измаил Одесской области за период 1981-2012 гг.);

Вариант 3а – «СССМ»: нормированные среднемноголетние значения величин основных метеофакторов и их распределение за период вегетации (IV-X месяцы), полученные с учетом изменений климата по модели Канадского климатологического центра, чувствительность которой к удвоению  $\text{CO}_2$  –  $3,5^\circ\text{C}$ , что предусматривает повышение среднегодовой температуры воздуха до  $4^\circ\text{C}$ ;

Вариант 3б – «УКМО»: нормированные среднемноголетние значения величин основных метеофакторов и их распределение за период вегетации (IV-X месяца), полученных с учетом изменений климата по модели Метеорологического бюро Соединенного Королевства, чувствительность которой к удвоению  $\text{CO}_2$  –  $3,5^\circ\text{C}$ , предусматривающий повышение среднегодовой температуры воздуха до  $6^\circ\text{C}$ .

Прогноз выполнен для пяти типичных групп периодов вегетации расчетных лет по общей тепло-и влагообеспеченности (очень влажный – 10%, влажный – 30%, средний – 50%, сухой – 70%, очень сухой – 90%) по таким основным метеорологическим характеристикам как температура воздуха, осадки, относительная влажность, испаряемость, фотосинтетически активная радиация (ФАР), коэффициент влагообеспеченности (отношение суммы осадков к суммарному испарению).

Полученные на основе реализации указанных вариантов исследований погоднo-климатических условий результаты приведены в табл. 1.

**Таблица 1 – Сравнительная оценка изменения вегетационных значений основных метеорологических характеристик по расчетным годам современных («Recent») и прогнозируемым («СССМ» и «УКМО») условиям относительно их среднемноголетних норм («Base») для Придунайских РОС (%)**

Показатели модели		Годы расчетной обеспеченности					Среднее, %
		10%	30%	50%	70%	90%	
Осадки, Р	Recent	-6,3	-21,4	-8,8	-21,7	-10,5	-14,7
	СССМ	-17,1	-17,1	-17,2	-18,6	-20,8	-18,3
	УКМО	-6,5	-6,5	-6,4	-8,1	-10,5	-7,8
Температура воздуха, Т	Recent	4,3	3,6	0,6	2,3	1,7	2,3
	СССМ	19,8	21,1	22,2	22,4	22,7	22,0
	УКМО	23,5	25,3	26,9	27,6	28,7	26,9
Дефицит влажности воздуха, D	Recent	6,3	-2,7	-6,4	-7,2	-5,5	-4,6
	СССМ	25,2	25,2	22,0	25,3	25,3	24,5
	УКМО	27,4	28,9	26,3	30,6	31,5	29,1
Относительная влажность, Н	Recent	-1,3	1,5	2,9	4,9	4,0	3,1
	СССМ	0,0	-0,3	0,3	-1,4	-2,7	-0,9
	УКМО	1,1	0,9	1,5	-0,3	-1,2	0,3
ФАР	Recent	3,0	2,0	0,4	1,4	1,5	1,4
	СССМ	14,1	14,7	15,4	15,7	16,5	15,5
	УКМО	16,3	17,4	18,8	19,4	20,8	18,9
Коэффициент влаго-обеспеченности	Recent	-12,3	-19,5	-6,3	-17,4	-6,3	-12,2
	СССМ	-32,1	-31,1	-34,4	-34,8	-37,5	-34,4
	УКМО	-23,2	-24,4	-28,1	-30,4	-37,5	-29,6

Анализ полученных результатов показывает следующее:

**- по осадкам:** в современных погодно-климатических условиях («Recent») по сравнению с базовыми ретроспективными («Base») имеет место уменьшение количества осадков по всем рассматриваемым расчетным годам, что в среднем составляет 14,7%. Наибольшие отклонения наблюдаются во «влажные» (р = 30%) – 21,4% и «сухие» (р = 70%) – 21,7% расчетные годы;

Согласно прогнозным вариантам также ожидается уменьшение количества осадков относительно их среднемноголетних норм («Base»), которое в среднем составляет по модели «СССМ» – 18,3% и «УКМО» – 7,8%. При этом величины прогнозируемых отклонений постепенно уменьшаются для предельных «очень влажных» (р = 10%) и «очень сухих» (р = 90%) расчетных лет;

**- по температуре воздуха:** уже в современных условиях («Recent») по сравнению с ретроспективными («Base») имеет место выраженное повышение температуры воздуха, в среднем по расчетным годам оно составляет 2,3 % и увеличивается во влажные и засушливые годы. Современные значения температур воздуха в «средние» (р = 50 %) расчетные годы близки к среднемноголетним значениям, отклонение возрастает при переходе от «средних» к «очень сухим» (р = 90 %) и «очень влажным» (р = 10 %) расчетным годам.

По прогнозным вариантами «СССМ» и «УКМО» прогнозируется значительное повышение температуры воздуха относительно данных по варианту «Base» на 22,0 % и 26,9 % соответственно;

**- по дефициту влажности воздуха:** характер изменения данного метеорологического показателя аналогичный изменениям температуры воздуха с некоторыми отклонениями по расчетным годам и несколько большим изменением по прогнозным вариантам – для «СССМ» увеличение составляет 24,5 % , а для «УКМО» - 29,1 %;



**- по относительной влажности воздуха:** в современных условиях («Recent») имеет место некоторое повышение, что составляет 4,0 ... 4,9 % в «сухие» и «очень сухие» годы, все другие значения по всем вариантам отличаются незначительно -  $\pm 1 \dots 3\%$ ;

**- по ФАР:** характер изменения данного метеорологического показателя полностью аналогичен изменению показателя температуры воздуха с некоторыми отклонениями по расчетным годам и несколько меньшим изменением, нежели по прогнозным вариантам – для «СССМ» увеличение составляет 15,5 %, а для «УКМО» – 18,9 %;

**- по коэффициенту влагообеспеченности:** характер изменения данного показателя полностью идентичен характеру изменения осадков по расчетным годам. При этом по прогнозным вариантам он значительно уменьшается – для «СССМ» уменьшение составляет 34,4 %, а для «УКМО» – 29,6 %.

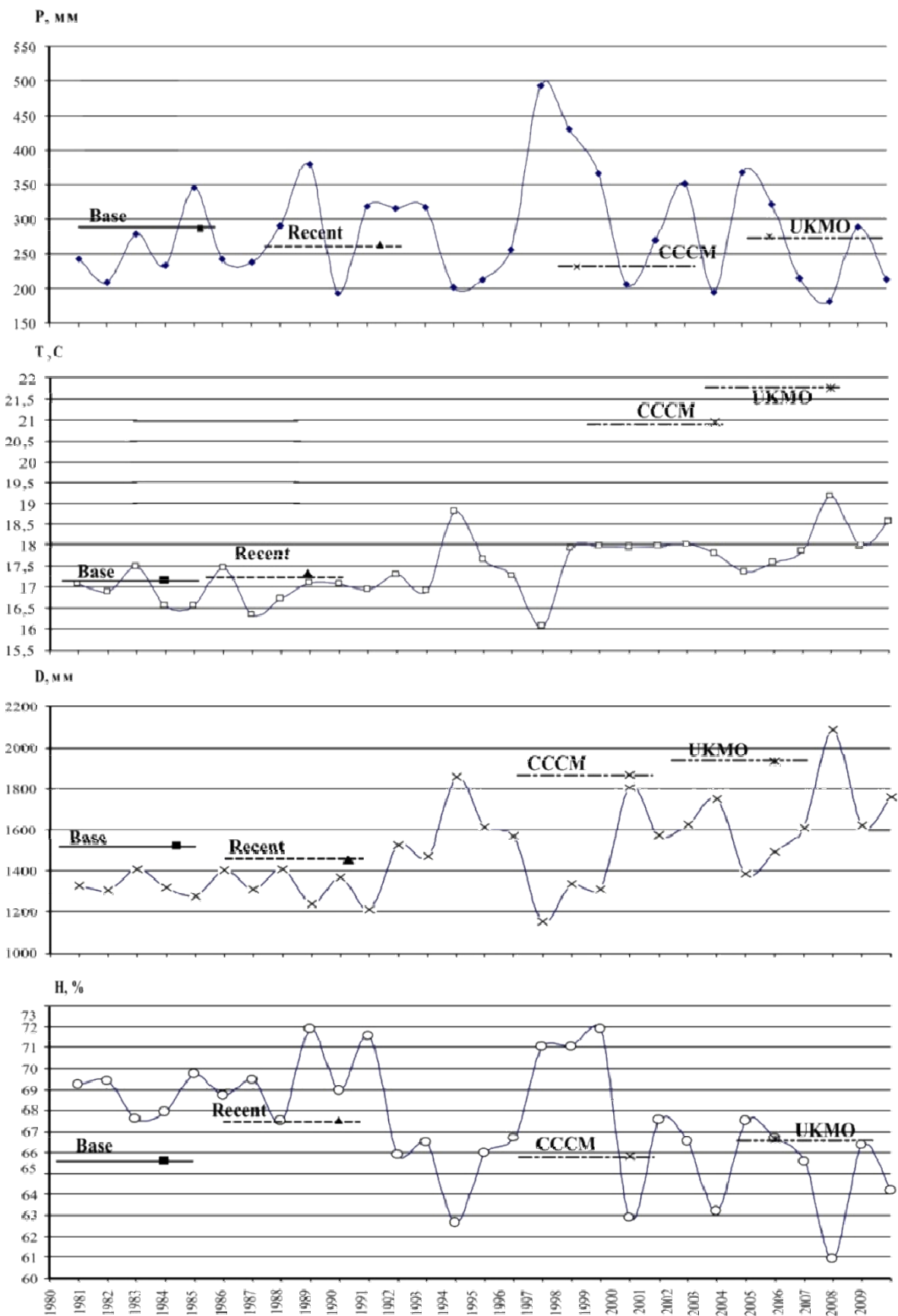
Приведенные данные также убедительно свидетельствуют о том, что большинство вегетационных значений метеорологических характеристик, кроме температуры и ФАР, по расчетным годам и в среднем между ними уже в современных условиях находятся либо в зоне, либо на уровне прогнозируемых их величин по условиям изменения климата.

Относительно сравнительной оценки динамики основных метеорологических характеристик вегетационного периода в современных условиях с их ретроспективными и перспективными нормами, представленной для осадков, температуры, дефицита и относительной влажности воздуха на рис. 1, можно сделать следующие выводы:

**- по осадкам:** прослеживается значительная амплитуда их колебаний за рассматриваемый период от 180 до 500 мм при их среднемноголетней норме по модели «Base» 255 мм с четко выраженным максимумом в 1997 году и относительно устойчивыми их значениями ниже этой нормы в последующие годы, при этом среднегодовая норма осадков по модели «Recent» меньше среднемноголетней нормы по модели «Base»;

**- по температуре воздуха:** имеет место обратная картина динамики вегетационных значений температуры воздуха; начиная с 1981 г., амплитуда колебаний достигает первого максимума в 1994 г. – 18,9 °С и стремительно падает до 15,9 °С в 1997 г., после чего наблюдается постепенное повышение температуры до второго максимума 19,3 °С в 2007 г.; при этом имеет место четко выраженный тренд повышения температур за последние годы, но их вегетационные значения значительно меньше их прогнозируемых норм по моделям «СССМ» и «УКМО», хотя вегетационная норма температуры по модели «Recent» уже несколько выше среднемноголетней нормы по модели «Base»;

**- по дефициту влажности воздуха:** динамика изменения данного показателя в целом отражает характерные особенности изменения амплитуды колебаний по осадкам и температуре: дефицит влажности достигает первого максимума в 1994 г. – 1850 мм при средневегетационном значении и средней интенсивности 8,69 мм/сут, после этого он аналогично снижается соответственно до 1150 мм при средней интенсивности 5,40 мм/сут в 1997 г., а затем постепенно повышается до второго максимума в 2007 г. – соответственно 2150 мм при средней интенсивности 10,1 мм/сут, при этом его среднегодовая норма по модели «Recent» ниже среднемноголетней нормы «Base», а его соответствующие нормы по моделям «СССМ» и «УКМО» уже находятся в пределах современных колебаний их среднегодовых значений;



**Рисунок 1** – Сравнительная оценка значений основных метеорологических характеристик вегетационного периода в ретроспективном, современном и перспективном состояниях

**- по относительной влажности воздуха:** наблюдается противоположная ситуация по динамике изменения данного показателя: здесь два первых максимума около 72 % имеют место соответственно в 1989 г. и 1991 г., после которых происходит стремительное снижение ее до первого минимума 62,9 %, а аналогичный рост в других максимумах около 72 % имеет место в течение 1996 - 1999 гг. с постепенным снижением амплитуды их колебаний до второй группе минимумов 61...63 % в 2000 г., 2002 г. и 2007 г., при этом среднегодовая норма относительной влажности по модели «Recent» намного выше ее среднемноголетней величины по модели «Base», а ее соответствующие нормы по моделям «СССМ» и «УКМО» находятся в пределах современных колебаний среднегодовых значений и даже значительно ниже их.

В целом прогнозируемые значения рассматриваемых метеорологических характеристик по моделям «СССМ» и «УКМО» в зоне Придунайских РОС, за исключением температуры воздуха, уже находятся в пределах их современных колебаний и даже превышают их по отдельным позициям, что свидетельствует об устойчивой тенденции изменения климатических условий в данном регионе.

### **Выводы**

Полученные результаты по сравнительной оценке формирования погодно-климатических условий в зоне функционирования Придунайских РОС по вариантам их исследований свидетельствуют о том, что по всем основным метеорологическим показателям, за исключением относительной влажности воздуха, в первую очередь это касается температуры воздуха, как определяющего фактора современных изменений климата, а также ФАР, как ее производной, уже происходят изменения, которые в ближайшей перспективе могут превышать 10 % критический экологический порог ("норму"), что по Н.Ф. Реймерсу необратимо приведет к соответствующим изменениям ("нарушений") в экологическом состоянии окружающей среды, в том числе и в зоне рисосеяния [6].

Таким образом, при имеющихся темпах и уровне изменений погодно-климатических условиях следует ожидать ухудшения природно-мелиоративных условий как в зоне Придунайских РОС, так и в зоне рисосеяния Украины в целом. Это неизбежно негативно отразится на функционировании рисовых систем в результате соответствующих изменений эколого-экономического ресурса, что требует разработки адаптивных технических и режимно-технологических мероприятий по управлению этими системами через соответствующие комплексные научные отраслевые, государственные и межгосударственные исследования и программы.

А значит, вопрос повышения эффективности функционирования Придунайских РОС необходимо нераздельно рассматривать с оценкой и прогнозом погодно-климатических условий как на нынешнем этапе реализации климатической ситуации, так и в условиях возможных изменения климата как в ближайшей, так и отдаленной перспективе.

### **Список литературы**

1. Підвищення ефективності рисових зрошувальних систем України [науково-методичні рекомендації / В.В. Дудченко, Л.М. Грановська, А.М. Рокочинський, С.П. Мендусь [та ін.]. – Херсон-Рівне, 2011. – 104 с.

2. Рокочинський, А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах:

монографія / За редакцією академіка УААН Ромащенко М.І. – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с.

3. Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем: посібник до ДБН В.2.4.-1-99 «Меліоративні системи та споруди». – Розділ 3. Осушувальні системи). – Київ, 2008. – 63 с.

4. Ромащенко, М.І. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку зі змінами клімату: наукова доповідь-інформація / М.І. Ромащенко, О.О. Собко, Д.П. Савчук, М.І. Кульбіда – Київ: Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2003. – 46 с.

5. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1–6. Выпуск 1. Украинская ССР. Книга 1. – Ленинград: Гидрометеоиздат. – 1990. – 608 с.

6. Реймерс, Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). – М.: Журнал «Россия молодая», 1994. – 367 с.

УДК 628.355 : 574.635

## **ИЗМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ИЛА АЭРОТЕНКОВ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ МУТАГЕННОЙ ОБРАБОТКЕ**

**Рязанова М.Ю., Чобитько Е.С., Юхневич Г.Г.**

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь, Ryzanova\_MJ@grsu.by

*The mutagenic treatment improves the properties of the activated sludge. It allows to create new versions of bacterial populations that are more resistant to adverse factors. The use of chemical mutagenesis techniques increases the dehydrogenase, catalase and peroxidase activity of microorganisms of the activated sludge.*

### **Введение**

Для очистки сточных вод применяются различные методы: механический, химический, физико-химический, электрохимический, биологический. На подавляющем большинстве очистных сооружений применяется биологическая очистка сточных вод, основанная на способности различных групп микроорганизмов использовать компоненты сточных вод в качестве эффективных источников энергии и материала для построения своего тела. Преимущественное использование данного метода обусловлено особенностями жизнедеятельности микроорганизмов, такими как: широкий спектр удаляемых органических и неорганических соединений, в том числе токсичных; образование простых конечных продуктов (в аэробных условиях – диоксид углерода, нитраты, сульфаты; в анаэробных условиях – метан, аммиак, сероводород); отсутствие вторичного загрязнения воды [1].

Ежегодное увеличение объемов сточных вод и усложнение их качественного состава приводят к возникновению на городских очистных сооружениях ряда проблем: снижение скорости очистки сточных вод, гибель микроорганизмов активного ила, вспухание ила. В настоящее время наиболее распростра-

ненной патологией в мировой практике биологической очистки сточных вод является нитчатое вспухание ила, т.е. увеличение его объема при сохранении или сокращении биомассы по причине разрастания организмов с нитчатой структурой (хламидобактерий, цианобактерий, гифомицетов и др.). При этом наблюдается угнетение и гибель флокулообразующих бактерий активного ила, что резко снижает качество очистки сточных вод.

К мероприятиям, направленным на подавление нитчатого вспухания, относится обработка микрофлоры активного ила химическими мутагенами. Она позволяет получить широкое разнообразие гетеротрофной микрофлоры, часть которой будет соответствовать экологическим параметрам среды, к которым были неустойчивы аборигенные бактерии. Полученные формы бактерий приобретают свойства конкурентно подавлять развитие аллохтонных, патогенных и нитчатых бактерий. Кроме того, обработка химическими мутагенами способствует повышению физиологической активности ила. Положительный эффект мутагенеза определяется правильным выбором мутагена с учетом его токсичности и исходного состояния культуры обрабатываемого ила [2].

Цель исследования – выявить изменения ферментативной активности ила аэротенков городских очистных сооружений при его обработке химическими мутагенами.

#### **Материалы и методы исследования**

В качестве химического мутагена использовали сернистый марганец. Для исключения возможности появления нежелательных мутаций обработке подвергалась незначительная часть активного ила – 0,00001% от общего объема. Отобранный возвратный ил отстаивался и сгущался так, чтобы концентрация его перед обработкой составляла 10 г/м<sup>3</sup>. Сгущенная иловая смесь в открытой посуде устанавливалась в шкаф с вытяжной вентиляцией и аэрировалась непрерывно аквариумным микрокомпрессором. Активный ил до обработки не подкармливался. Для исключения активного действия мутагена на холерный вибрион, который может присутствовать в бытовых сточных водах, рН иловой смеси доводилась при помощи раствора соляной кислоты до 5,8 и аэрировалась в течение двух часов, затем рН повышалась щелочным 2%-м раствором КОН до 7,5 при непрерывной аэрации. В активный ил добавляли сернистый марганец в количестве 10 г/л, затем смесь аэрировалась в течение 18 ч. Затем в активный ил добавляли 40 г глюкозы (подкормка) и ампульные препараты витаминов группы В в концентрации 1,0 см<sup>3</sup> каждого на 1 дм<sup>3</sup> иловой смеси. В этом режиме подращивания ил выдерживали 3-5 ч. Обработанная таким образом иловая смесь выливалась в аэротенк [2]. Обработки (по той же схеме) проводились 3 раза с интервалом 3–4 суток.

Отбор проб активного ила производился из 4-го коридора 4-го аэротенка (в случае определения суммарной дегидрогеназной активности ила) и резервуара возвратного ила (в случае определения каталазной и пероксидазной активности ила). Пробы отбирались до обработки и в процессе трехсерийной обработки активного ила мутагеном.

Биохимическую активность ила – его способность к изъятию и окислению органических примесей сточных вод – оценивают по содержанию в нем ферментов. В качестве показателей изменения биохимической активности ила при мутагенной обработке применяли его каталазную, пероксидазную и суммарную дегидрогеназную активность.

Процесс биологического окисления состоит из множества ступеней и начинается с расщепления органического вещества с выделением активного водорода. Водород передается ферментами дегидрогеназами на цитохромную систему дыхательной цепи ферментов, где соединяется с кислородом, образуя воду (частично перекись водорода). Определение суммарной дегидрогеназной активности ила осуществляли спектрофотометрическим методом, который основан на определении концентрации трифенилформаза (ТТФ), образованного в результате присоединения к трифенилтетразолийхлористому (ТТХ) водорода [3]. При проведении исследований в качестве базового субстрата дегидрогенирования служил комплекс органических веществ сточных вод, в качестве дополнительных субстратов использовали глюкозу, пептон и нефть. Проба, не содержащая дополнительного субстрата, показывает, насколько эффективно происходит окончательное использование сорбированных на иле соединений. Пептон и глюкоза были использованы как легкоокисляемые микроорганизмами органические субстраты, широко распространенные в сточных водах. В городских сточных водах содержится небольшое количество нефти, поступающей с дождевыми водами, поэтому при очистке сточных вод возникают значительные затруднения, т.к. нефть является сложноокисляемым органическим субстратом, препятствующим проникновению кислорода в клетки микроорганизмов.

Каталаза – фермент класса оксидоредуктаз, осуществляющий расщепление перекиси водорода до молекул воды и молекулярного кислорода. Исследование каталазной активности показывает, насколько эффективно происходит обеспечение активной защиты клеточных структур от разрушения под действием  $H_2O_2$ . Активность каталазы определяли по преобразованию ферментом субстрата (пероксида водорода), который способен к образованию окрашенного комплекса с солями молибдата аммония [4].

Пероксидаза составляет антиоксидантную ферментную систему микроорганизмов. Данный фермент осуществляет окисление органических веществ перекисью водорода с образованием молекул воды. Определение пероксидазной активности ила осуществляли спектрофотометрическим методом, основанным на измерении оптической плотности продуктов реакции, образовавшихся при окислении гидрохинона за 1 мин. [5].

### Результаты исследований и их обсуждение

Первичная обработка ила сернокислым марганцем вызвала некоторое уменьшение суммарной дегидрогеназной активности ила во всех вариантах опыта. Однако, начиная со второй обработки, наблюдалось постепенное увеличение данного показателя. Максимальное увеличение суммарной дегидрогеназной активности ила за исследуемый период наблюдалось через 3 суток после третьей обработки сернокислым марганцем (таблица 1).

**Таблица 1** – Изменение суммарной дегидрогеназной активности ила аэротенка при обработке сернокислым марганцем, мг ТФФ/мл ила за 3 часа

Стадии мутагенной обработки ила	Субстрат дегидрогенирования			
	вещества сточных вод	+ глюкоза 0,1М	+ пептон 1%	+ нефть
До обработки	0,152	0,286	0,298	0,097
Первая обработка	0,149	0,280	0,297	0,076
Вторая обработка	0,156	0,312	0,303	0,095

Третья обработка	0,164	0,328	0,329	0,126
Через 3 суток после 3 обработки	0,197	0,396	0,398	0,164

Таким образом, суммарная дегидрогеназная активность ила в результате обработки серноокислым марганцем увеличилась без внесения дополнительного субстрата на 30%, при внесении в качестве дополнительного субстрата глюкозы – на 38%, пептона – на 34%, нефти – на 69% в сравнении с исходными значениями.

Первичная мутагенная обработка серноокислым марганцем вызвала увеличение каталазной активности ила. Однако повторное добавление мутагена привело к незначительному снижению данного показателя. В результате последней мутагенной обработки активного ила серноокислым марганцем каталазная активность увеличилась на 17% в сравнении с исходным значением (таблица 2).

**Таблица 2** – Изменение каталазной активности ила аэротенка при обработке серноокислым марганцем

Стадии мутагенной обработки ила	Каталазная активность ила, мкат. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /мл ила за 1 мин.
До обработки	3,62
Первая обработка	3,99
Вторая обработка	3,74
Третья обработка	4,25

В результате первой обработки серноокислым марганцем пероксидазная активность ила снизилась. Однако, начиная со второй обработки, наблюдалось постепенное увеличение данного показателя. Последняя обработка ила мутагеном привела к увеличению пероксидазной активности ила на 6% в сравнении с исходным значением (таблица 3).

**Таблица 3** – Изменение пероксидазной активности ила аэротенка при обработке серноокислым марганцем

Стадии мутагенной обработки ила	Пероксидазная активность ила, опт.ед./мл ила за 1 мин.
До обработки	1,32
Первая обработка	0,78
Вторая обработка	1,18
Третья обработка	1,40

### **Заключение**

Таким образом, биохимическая активность ила аэротенков городских очистных сооружений при его мутагенной обработке серноокислым марганцем увеличивается. Однако для разных ферментов эффективность мутагенной обработки активного ила неодинакова. Максимальная эффективность мутагенной обработки ила наблюдается для суммарной дегидрогеназной активности, при этом наиболее эффективна мутагенная обработка при разложении ферментом сложных органических веществ.

### **Список литературы**

1. Кузнецов, А.Е. Научные основы экобиотехнологии (учебное пособие для студентов) / А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова. – М.: Мир, 2006. – 504 с.: ил.
2. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
3. Кузнецов, С.И. Методы изучения водных микроорганизмов / С.И. Кузнецов, Г.А. Дубинина. – М.: Наука, 1989. – 288 с.
4. Дубинина, Е.Е. Продукты метаболизма кислорода в функциональной активности клеток. Жизнь и смерть, созидание и разрушение / Е.Е. Дубинина. – С.-Пб., 2006. – 393с.
5. Методы общей бактериологии: пер. с англ. / Под ред. Ф. Герхардта [и др.]: в 3-х томах. – М.: Мир, 1984. – Т.2. – 472 с., ил.

УДК 504.4.062.2 (476)

## **ИНДИКАТОРЫ ОЦЕНКИ ВОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОРОДОВ БЕЛАРУСИ**

**Санец Е.В., Кадацкая О.В., Овчарова Е.П.**

Государственное научное учреждение «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь, elena-sanets@yandex.ru

*The main indicators of water use in cities of Belarus are considered in the article. They are: sufficiency of water resources, total water intake per capita, proportion of groundwater in total water intake per capita, domestic water consumption per capita.*

### **Введение**

Для развития современного города необходимо природно-ресурсное обеспечение, определяющее качество жизни в городской среде, которое обуславливается не только наличием материальных средств, но и наличием природных ресурсов, в том числе водных. Оценка водных ресурсов предполагает выработку целостного видения водных ресурсов страны (региона, города) с точки зрения их использования обществом. При этом рассматриваются количественные показатели водопользования, качественные характеристики поверхностных и подземных вод, определяются основные проблемные вопросы и потенциальные конфликты в сфере водных ресурсов, их острота и социальные последствия, а также анализируется вероятность таких экстремальных ситуаций, как наводнения и засухи.

### **Основная часть**

Город представляет собой место, где сталкиваются интересы различных групп водопользователей и существенно обостряются проблемы, связанные с водными ресурсами. Его устойчивое развитие напрямую зависит от количества, качества и характера использования природных вод. При этом гарантированное обеспечение города водными ресурсами обуславливается прежде всего их доступностью, а рациональное использование – характером современного городского водопользования.



Для оценки водно-ресурсного потенциала городов предложена система индикаторов, включающая следующие показатели [1]:

- обеспеченность водными ресурсами, тыс.м<sup>3</sup>/чел./год;
- удельный показатель общего забора воды, м<sup>3</sup>/чел./год;
- доля подземных вод в общем заборе воды на душу населения, %;
- бытовое потребление воды на душу населения, л/чел./сут.

В мировой практике достаточность водных ресурсов для удовлетворения различных потребностей общества оценивается, как известно, с помощью удельного показателя водообеспеченности (отношение объема среднегогодового речного стока к количеству населения). Данный показатель в целом для Беларуси составляет 6,1 тыс.м<sup>3</sup>/чел./год и по величине близок к среднеевропейскому [2]. Следовательно, обеспеченность городов Беларуси поверхностными водными ресурсами, используемыми в основном на производственные нужды, в первую очередь зависит от местоположения города по отношению к рекам различной водности.

Согласно данным таблицы 1, ресурсы поверхностных вод для большинства рассматриваемых городов, несмотря на значительный диапазон величин показателя, вполне достаточны.

**Таблица 1 – Водообеспеченность городов Беларуси ресурсами поверхностных вод**

Размер города по количеству населения	Город	Население, тыс.чел.	Водообеспеченность, тыс.м <sup>3</sup> /чел./год
Крупнейший (более 50 тыс. чел.)	Минск	1834,2	0,3
Крупный (от 250 тыс. до 500 тыс. чел.)	Гомель	484,3	13,1
	Могилев	354,0	12,8
	Витебск	348,8	20,4
	Гродно	328,0	18,8
	Брест	310,8	2,5
Большой (от 100 тыс. до 250 тыс. чел.)	Бобруйск	215,1	17,4
	Борисов	147,1	7,7
	Пинск	130,6	17,0
	Орша	117,1	33,9
	Мозырь	108,8	113,0
Средний (от 50 тыс. до 100 тыс. чел.)	Полоцк	82,8	115,0
	Речица	64,6	176,0
Малый (до 50 тыс. чел.)	Кричев	27,1	75,2
	Столбцы	15,4	37,5

Наиболее высокой водообеспеченностью характеризуются средние города, расположенные в среднем течении больших рек (Западной Двины, Днепра и Сожа), а также большой город в низовьях Припяти (Мозырь). Показатель водообеспеченности значительно снижается для крупнейших, крупных и больших городов, приуроченных к средним по величине рекам (Свислочь, Мухавец) или к верховьям относительно больших рек (Березина).

Исходя из величины анализируемого показателя, рассматриваемые города отнесены к четырем категориям, в основу выделения которых положен средний для Беларуси показатель водообеспеченности (6,1 тыс.м<sup>3</sup>/чел./год). В категорию «недостаточно обеспеченных водными ресурсами» отнесены горо-

да с удельным показателем меньше 6,0 тыс.м<sup>3</sup>/чел./год, «удовлетворительно обеспеченных» – 6,1–12,0 тыс.м<sup>3</sup>/чел./год, «хорошо обеспеченных» – 12,1–24,0 тыс.м<sup>3</sup>/чел./год, «очень хорошо обеспеченных» – с показателем больше 24,0 тыс.м<sup>3</sup>/чел./год (таблица 2).

Значительный дефицит ресурсов поверхностных вод отмечается в Минске, показатель водообеспеченности которого в 20 раз меньше среднего для страны в целом. Данный дефицит отчасти компенсируется за счет переброски вод по Вилейско-Минской водной системе. В первые годы эксплуатации системы годовой объем перебрасываемой воды колебался от 205 до 234 млн м<sup>3</sup>, в последние – не превышал 60 млн м<sup>3</sup> в год. Вместе с тем, на производственные нужды в Минске используется 64% вод питьевого качества, что, естественно, иррационально и требует определенного усовершенствования системы водопользования.

**Таблица 2 – Дифференциация городов Беларуси по обеспеченности поверхностными водными ресурсами**

Категория города по водообеспеченности	Город
Недостаточно обеспеченный	Минск, Брест
Удовлетворительно обеспеченный	Борисов
Хорошо обеспеченный	Витебск, Могилев, Гродно, Гомель, Бобруйск, Пинск
Очень хорошо обеспеченный	Орша, Кричев, Мозырь, Полоцк, Речица, Столбцы

Оценка водно-ресурсного потенциала городов по удельному показателю общего забора воды из подземных и поверхностных источников позволила выделить группы городов, различающихся по объему забранных вод (таблица 3).

**Таблица 3 – Дифференциация городов Беларуси по удельному показателю забора воды**

Город	Общий забор поверхностных и подземных вод для использования, тыс.м <sup>3</sup>	Общий забор воды на душу населения, м <sup>3</sup> в год
<i>I группа</i>		
Мозырь	25000	230
Гродно	63000	192
Могилев	60000	169
Бобруйск	34000	158
<i>II группа</i>		
Жодино	9000	146
Минск	256000	140
Орша	15000	128
Гомель	61000	126
Борисов	18000	122
Солигорск	11000	108
Витебск	36000	103
<i>III группа</i>		
Брест	29000	93
Барановичи	15000	89
Пинск	10000	77

В первую группу вошли города, для которых забор воды на производственные и коммунально-бытовые нужды находится в диапазоне 151–250 м<sup>3</sup>/чел./год, во вторую – 101–150, в третью – не превышающие 100 м<sup>3</sup>/чел./год.

Возможность оценки водно-ресурсного потенциала с позиций природного качества используемых в городах страны вод дает показатель, характеризующий долю подземных вод в общем заборе воды на душу населения. В большинстве рассматриваемых городов Беларуси количество забираемых подземных вод значительно превосходит поверхностную составляющую общего водозабора (таблица 4). С использованием показателя доли подземных вод в общем водозаборе рассматриваемые города ранжированы на пять групп (таблица 5).

**Таблица 4** – Доля подземных вод в общем водозаборе природных вод в городах Беларуси

Город	Общий забор воды на душу населения, м <sup>3</sup> в год	% подземных вод в общем водозаборе
Мозырь	230	56
Гродно	192	54
Могилев	169	65
Бобруйск	158	65
Жодино	146	67
Минск	140	63
Орша	128	80
Гомель	126	84
Борисов	122	83
Солигорск	108	27
Витебск	103	86
Брест	93	93
Барановичи	89	93
Пинск	77	100

**Таблица 5** – Дифференциация городов Беларуси по участию подземных вод в общем водозаборе на душу населения

% забора вод из подземных горизонтов в общем водозаборе	Город
0–29	Солигорск
30–59	Мозырь, Гродно
60–79	Могилев, Бобруйск, Жодино, Минск
80–89	Орша, Гомель, Борисов, Витебск
90–100	Брест, Барановичи, Пинск

Бытовое потребление воды на душу населения (л/чел./сут.) находится в ряду основных показателей, определяющих уровень развития водного хозяйства страны и степень доступности воды для населения. Вместе с тем, рациональное использование водно-ресурсного потенциала предполагает повышение эффективности использования водных ресурсов за счет снижения удельного водопотребления в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

Как видно из таблицы 6, в последние годы уровень потребления воды на душу населения в городах имеет хорошо выраженную тенденцию к сокращению, однако все еще превышает средний показатель для Беларуси в целом.

По сравнению с другими городами страны удельное потребление воды в Минске, Гродно, Новополоцке и Бобруйске все еще остается достаточно высоким, что свидетельствует о необходимости принятия экономических и технологических мер для уменьшения потребления воды на душу населения до оптимальных величин (120–150 л/сут./чел.), характерных для стран Евросоюза.

### **Заключение**

Проведенная оценка водно-ресурсного потенциала городов Беларуси показала, что дефицит поверхностных водных ресурсов весьма отчетливо выражен для г. Минска. Данный дефицит в настоящее время не компенсируется переброской воды по Вилейско-Минской водной системе.

**Таблица 6** – Бытовое потребление воды на одного жителя в городах Беларуси в 2008–2012 гг., л/сут./чел. [3]

Город	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Брест	181	149	145	134	157
Витебск	185	166	168	161	150
Гомель	198	179	166	146	140
Гродно	214	193	186	179	172
Могилев	213	176	161	133	137
Бобруйск	207	182	209	199	163
Борисов	204	153	149	171	146
Мозырь	195	165	152	176	145
Новополоцк	170	153	166	156	167
Минск	237	207	200	194	184
Беларусь в целом	162	145	143	141	143

Высокая доля подземных вод в ресурсном обеспечении городов свидетельствует об использовании воды высокого качества на производственные нужды, что, естественно, предполагает необходимость оптимизации водопользования.

Сокращение показателей удельного водопотребления в городах страны указывает на процесс интенсификации использования водных ресурсов, для которого характерно уменьшение водопотребления в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

### **Список литературы**

1. Кадацкая, О.В. Экологические показатели оценки водных ресурсов Беларуси / О.В. Кадацкая // Актуальные проблемы геоэкологии и ландшафтоведения: сб. научных статей. – Вып. 1. – Минск, 2013. – С. 53–56.

2. Состояние окружающей среды Республики Беларусь: национальный доклад / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Институт природопользования НАН Беларуси. – Минск, 2010. – 150 с.

3. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень 2012 год / Под ред. В.Ф. Логинова [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: [http://min-priroda.gov.by/ru/bulleten/new\\_url\\_961905795](http://min-priroda.gov.by/ru/bulleten/new_url_961905795). – Дата доступа: 19.02.2014.

## СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ ПРУДОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ Г. ГРОДНО

**Селевич Т.А., Макаревич С.В.**

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь, selevic@rambler.ru

*Results of the taxonomical and ecological analysis of specific composition of vascular plants of ponds of northern part of Grodno (Belarus) are given in article. The strong likeness of such results with received by E. Garin for the dug-out reservoirs of the Yaroslavl region of Russia is revealed. Growth of a protected species of *Najas major* All. is established in a career pond of northern part of Grodno.*

### **Введение**

По данным доктора географических наук И. И. Кирвеля, на территории Беларуси насчитывается не менее 1300 прудов [1]. Изучая процессы заиления и зарастания прудов, автор детально исследовал растительный покров 16 прудов, по-видимому, в основном руслового, или речного, типа. Но не меньшего внимания, в том числе и с ботанической точки зрения, заслуживают пруды других типов. На необходимость дальнейшего исследования прудов в разных частях республики с учетом «...источников их наполнения, эвтрофирования и загрязнения» указывал и сам И.И. Кирвель [2]. С этих позиций изучение видового состава растений прудов разной типологии в Беларуси остается актуальной задачей.

### **Основная часть**

Флористические исследования проводили на 8 прудах, расположенных в северной части г. Гродно, в окрестностях Гродненского мясокомбината и в пределах бывших дд. Грандичи и Лапенки, вошедших недавно в черту города. Пруды довольно разнообразны во многих отношениях: по возрасту (от 3 до более чем 30 лет), площади водного зеркала (от 0,07 до 1,35 га), максимальной глубине (от 0,7 до 3,6 м), прозрачности воды (от 0,4 до 1,2 м). Один пруд карьерный, два – представляют собой пруды-отстойники вод ливневой канализации, один копаный, имеет подземное питание; остальные созданы путем выемки грунта на слабых водотоках и не все из них имеют поверхностный сток. Шесть прудов (кроме прудов-отстойников) создавались, по-видимому, как противопожарные, и только один из них, ввиду сильного зарастания, утратил эту функцию; все они в какой-то мере используются для любительского рыболовства, а два из них – и для несанкционированного отдыха купально-пляжного типа.

Исследования выполняли в течение вегетационного сезона 2013 г. детально-маршрутным методом, то есть, неоднократно совершая почти сплошные пешие обходы прудов по периметру, за исключением огороженных или слишком крутых участков побережья. Кроме того, все пруды, помимо отстойников, хотя бы один раз обследовали с воды с помощью надувной резиновой лодки. Составляли флористические списки видов для каждого пруда. Сложные в таксономическом отношении экземпляры растений гербаризировали и опре-

деляли в основном с помощью определителя высших растений Беларуси [3]. Флора прудов рассматривается нами в широком смысле и, согласно классификации экологических групп растений водоемов и водотоков В.Г. Папченкова [4], включает гидрофиты (настоящие водные растения с погруженными и/или плавающими на поверхности воды фотосинтезирующими органами), гелофиты и гигрогелофиты, объединяемые под названием «прибрежно-водные», а также гигрофиты, гигромезо- и мезофиты, которые в совокупности называют «заходящими в воду береговыми, или околотовными» растениями.

По нашим данным, флора изученных прудов северной части г. Гродно насчитывает 107 видов сосудистых растений, относящихся к 66 родам, 36 семействам и 2 отделам – *Equisetophyta* и *Magnoliophyta*. Двудольные (*Magnoliopsida*) представлены 68 видами из 43 родов и 26 семейств, однодольные (*Liliopsida*) – 37 видами из 22 родов и 9 семейств, т.е. по числу видов, родов и семейств двудольные доминируют над однодольными. Таким образом, на двудольные растения приходится 63,5% от общего числа видов, на однодольные – только 34,6%.

Интересно, что в аквафлоре всей Беларуси двудольные по числу видов составляют 46,4 %, а однодольные – 51,4%, т.е. последние несколько преобладают [5]. Еще более значительное преобладание однодольных над двудольными по числу видов оказалось для прудов Беларуси, по данным И.И. Кирвеля, согласно которым из 66 видов сосудистых растений, обнаруженных в 16 прудах, на двудольные приходится 26, или 39,4% видов, а на однодольные – 38, или 57,6% видов [1]. В то же время в процентном выражении число видов из класса Двудольные и из класса Однодольные во флоре копаней Ярославской области близко к полученному нами для прудов северной части г. Гродно и составило 62,4 % и 35,9% соответственно [6]. Такое преобладание двудольных над однодольными, по мнению Э.В. Гарина, «...свойственно больше флоре наземных, нежели водных местообитаний, и обусловлено большей долей береговых растений во флоре копаней, что связано с большими площадями обсыхающего дна в этих искусственных водоёмах» [6]. По-видимому, исследованные нами пруды по своему водному режиму ближе к копаням, чем к прудам на малых реках. Возможно, что в работе [1] свою роль сыграл и субъективный фактор, когда, в отличие от нас, заходящие в воду немногочисленные экземпляры явно береговых растений не учитывали.

Из таблицы 1 видно, что наибольшее число видов сосудистых растений прудов северной части г. Гродно относится к семействам *Cyperaceae* и *Poaceae* (по 10 видов), семью видами каждое представлены два семейства – *Lamiaceae* и *Asteraceae*, шестью видами – семейство *Salicaceae*, пятью видами семейства *Polygonaceae*, *Potamogetonaceae*. Сравним полученные нами позиции этих ведущих семейств с таковыми в спектрах, составленных другими авторами для прудов [1] и аквафлоры всей Беларуси [5], а также для копаней Ярославской области [6] (таблица 1). Одинаковые или близкие позиции по сравнению с нашими данными занимают семейства *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Lamiaceae* и *Polygonaceae* в списке видов прудов, полученном И.И. Кирвелем, однако при этом все же различаются позиции семейства *Potamogetonaceae* и особенно сильно – семейств *Asteraceae* и *Salicaceae*, первое из которых (*Asteraceae*) не является ведущим (представлено всего одним видом), а второе (*Salicaceae*) и вовсе не приводится для прудов Беларуси. В то же время в

спектре семейств аквафлоры Беларуси также отсутствует семейство *Salicaceae*, а семейство *Asteraceae* вряд ли следует считать ведущим – у него только седьмая позиция, зато семейство *Potamogetonaceae*, так же как и в прудах Беларуси, занимает вторую позицию.

**Таблица 1** – Спектр ведущих семейств флоры прудов северной части г. Гродно в сравнении со спектрами флоры прудов Беларуси (по данным И.И. Кирвеля [1]), аквафлоры Беларуси [5] и флоры копаней Ярославской области (по данным Э.В. Гарина [6]). Римские цифры – место в спектре; арабские цифры в скобках – число видов

Семейства	Пруды Гродно	Данные И.И.Кирвеля	Аквафлора Беларуси	Данные Э.В. Гарина
<i>Cyperaceae</i>	I (10)	I (8)	I (25)	II (21)
<i>Poaceae</i>	I (10)	II (7)	III (15)	I (26)
<i>Lamiaceae</i>	II (7)	III (3)	V (7)	IX (7)
<i>Asteraceae</i>	II (7)	– (1)	VII (4)	III (18)
<i>Salicaceae</i>	III (6)	– –	– –	VI (12)
<i>Polygonaceae</i>	IV (5)	IV (2)	VI (5)	IV (16)
<i>Potamogetonaceae</i>	IV (5)	II (7)	II (18)	V (13)

Нельзя не обратить внимание на близость спектра ведущих семейств прудов северной части г. Гродно и копаней Ярославской области: оба они содержат семейство *Salicaceae*, а в основном сухопутное семейство *Asteraceae* занимает в них более высокую позицию, чем типично водное семейство *Potamogetonaceae*. Причина такой близости заключается в том, что мы, так же как и Э.В. Гарин, придерживаемся правила, предложенного В.Г. Папченковым [4], вводить в список видов водоема все растения, растущие (не случайно) как минимум на кромке воды и, естественно, глубже. При таком подходе во флору прудов попадают различные виды рода *Salix*, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., некоторые другие древесно-кустарниковые породы и травы, которые по своему отношению к фактору влажности являются не только гигрофитами, но даже гигромезо- и мезофитами. Все четыре спектра, представленные в таблице 1, несомненно, объединяет высокое положение семейств *Cyperaceae* и *Poaceae* по числу видов.

Анализ распространения и частоты встречаемости выявленных в прудах северной части г. Гродно видов по территории Беларуси с помощью [3] показал, что 81,3% из общего числа видов являются самыми обычными, или тривиальными для республики, что согласуется с выводом Э.В. Гарина о тривиальности флоры копаней [6]. По-видимому, отчасти это может быть связано с трудностями попадания в наши пруды диаспор любых водных и прибрежно-водных растений, но особенно мала вероятность попадания в копаные водоемы зачатков редких для данной территории водных видов.

Семь видов растений прудов г. Гродно имеют на территории Беларуси ограниченное распространение, причем пять из них не указаны для Гродненской области в определителе высших растений Беларуси 1999 г. [3]. Среди последних и *Najas major* All. – уязвимый вид III категории охраны, занесенный в Красную книгу Республики Беларусь. В Беларуси вид находится на северной границе своего ареала, в основном встречается на юго-востоке республики [7]. Возможно, что появление наяды большой у нас связано с глобальным потеп-

лением климата. Данный вид обнаружен нами только в одном, причем карьерном, пруду, имеющем наибольшую глубину и прозрачность, а также значительную по сравнению с другими прудами площадь водного зеркала. Наяда образует заросли на прибрежном мелководье пруда. Возможно, что на территории Гродно и в его ближайших окрестностях вид обнаружен нами впервые.

В таблице 2 показаны результаты экологического анализа видового состава растений прудов северной части г. Гродно в сравнении с аналогичными данными И.И. Кирвеля для флоры прудов Беларуси [1], для аквафлоры нашей республики [5] и для копаней Ярославской области [6].

**Таблица 2** – Экологическая структура флоры прудов северной части г. Гродно в сравнении со структурами флоры прудов Беларуси (по данным И.И. Кирвеля [1]), аквафлоры Беларуси [5] и флоры копаней Ярославской области (по данным Э.В. Гарина [6]). Цифры – доля видов (в %) каждой экологической группы, цифры в скобках – число видов

Экологическая группа	Пруды Гродно	Данные И.И.Кирвеля	Аквафлора Беларуси	Данные Э.В. Гарина
Гидрофиты	13,1 (14)	31,8 (21)	37,2 (68)	12,7 (30)
Гелофиты	5,6 (6)	30,3 (20)	25,1 (46)	5,1 (12)
Гигрогелофиты	11,2 (12)	– –	– –	11,0 (26)
Гигрофиты	35,5 (38)	37,9 (25)	37,7 (69)	31,2 (74)
Гигромезо- и мезофиты	34,6 (37)	– –	– –	40,1 (95)

Заметно значительное сходство экологических структур флоры прудов Беларуси и всей аквафлоры республики, как по набору выделяемых экологических групп, так и по процентному содержанию видов трех экологических групп: настоящие водные растения (гидрофиты) составляют, примерно, третью часть от общего числа видов, слабее представлены гелофиты, а растения переувлажненных местообитаний (гигрофиты) так же или несколько более многочисленны по сравнению с гидрофитами. Совершенно иное распределение видов между экологическими группами характерно для другой пары флор – прудов г. Гродно и копаней Ярославской области: 70–71% видов приходится на околководные растения (гигрофиты и гигромезо- и мезофиты вместе взятые), практически совпадает процентное содержание и остальных четырех экологических групп, несмотря на то, что мы исследовали только 8 прудов с 107 видами сосудистых растений, а Э.В. Гарин – 149 копаней с 237 видами. Очевидно, что близость экологической структуры флоры прудов г. Гродно к таковой для копаней Ярославской области объясняется не только использованием одной и той же классификации экологических групп В.Г. Папченкова [4], но и тем, что исследованные нами пруды также в основном копаные, не связанные в своем питании с реками. И хотя сам Э.В. Гарин указывает на сходство флор копаней Ярославской области и прудов Среднего Поволжья [6], есть данные о том, что флора копаней отличается от флоры прудов бедностью флористического состава и большим количеством случайных, неводных видов [8]. Вслед за Э.В. Гариным [6], количественное преобладание околководных видов в наших прудах мы могли бы объяснить «...наличием периодически обсыхающих участков дна, что ведет к значительному обогащению флоры ...береговыми, нехарактерными для водной среды видами».



## Заключение

Полученные нами результаты и их сравнение с данными других авторов убеждают в том, насколько важен единообразный подход при составлении списков растений водоемов. Поскольку в Российской Федерации гидробиологические исследования на водоемах и водотоках ведутся более широким фронтом, чем в Беларуси, представляется целесообразным и в нашей республике использовать классификацию экологических групп растений водоемов В.Г. Папченкова [4], наиболее популярную в настоящее время в России. Результаты таксономического и экологического анализа флоры прудов северной части г. Гродно обнаружили большое сходство с таковыми для копаных водоемов Ярославской области, полученными Э.В. Гариним [6]. Такое сходство можно объяснить весьма небольшими размерами и изоляцией исследованных нами прудов от общей гидрографической сети. В них произрастает очень небольшое число видов настоящих водных растений (гидрофитов), что может быть связано и с присутствием загрязняющих веществ и биогенов, о чем свидетельствует низкая прозрачность воды. Тем не менее, в карьерном пруду, имеющем самую высокую прозрачность воды, обширные подводные заросли образует редкий и охраняемый в Беларуси вид – *Najas major*.

## Список литературы

1. Кирвель, И.И. Пруды Беларуси как антропогенные объекты, их особенности и режим: монография / И.И. Кирвель. – Мн.: БГПУ, 2005. – 234 с.
2. Кирвель, И.И. Географо-гидрологические закономерности режима прудов Беларуси: автореф. дис. ...д-ра геогр. наук: 25.00.27 / И.И. Кирвель. – Санкт-Петербург, 2006. – 44 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/geografo-gidrologicheskie-zakonomernosti-rezhima-prudov-belarusi>. – Дата доступа: 22.02.2014.
3. Сауткина, Т.А. Определитель высших растений Беларуси / Т.А. Сауткина, Д.И. Третьяков, Г.И. Зубкевич [и др.]; под ред. В.И. Парфенова. – Мн.: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
4. Папченков, В.Г. О классификации растений водоемов и водотоков / В.Г. Папченков // Гидробиология: методология, методы: Материалы Школы по гидробиологии (п. Борок, 8–12 апреля 2003 г.). – Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2003. – С. 23–26.
5. Гигевич, Г.С. Высшие водные растения Беларуси: Эколого-биологическая характеристика, использование и охрана / Г.С. Гигевич, Б.П. Власов, Г.В. Вынаев; под общ. ред. Г.С. Гигевич. – Мн.: БГУ, 2001. – 231 с.
6. Гарин, Э.В. Флора и растительность копаней Ярославской области: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.00.05 / Э.В. Гарин. – Саранск, 2004. – 21 с.
7. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / Гл. редколлегия: Л.И. Хоружик (предс.), Л.М. Сущеня, В.И. Парфенов [и др.]. – Минск: БелЭн, 2005. – 456 с.
8. Лихачева, Т.В. Флора макрофитов Удмуртии / Т.В. Лихачева // Электронный научный журнал «Исследовано в России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 2526–2534 <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/262.pdf>. – Дата доступа: 22.02.2014.

## ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ НАФТОПЕРЕРОБНОГО ОБ'ЄКТА

**Челядин Л.І. \*, Мандрик О.М. \*, Челядин В.Л. \*\*, Богославець М.М. \*\*\***

\*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, chelyadyn@ukr.net;

\*\*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України;

\*\*\*ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття».

*The methods and equipment of reduce pollution by sewage are described. Experimental study on treatment of wastewater from oil and on their basis the equipment - thin-layer tank, filter-adsorber that allow you to increase the degree of effluent to 75-85%, which will reduce emissions into the environment.*

### Вступ

Одним з основних факторів впливу на забруднення довкілля та екологічну безпеку є скид стічних вод у природні водні ресурси, оскільки вони вміщують небезпечні компоненти. Стічні води, що утворюються на різних об'єктах очищаються від забруднень недостатньо, що приводить до забруднення водних ресурсів, а значить відбувається забруднення довкілля і є сучасною проблемою.

Найбільш поширеним забрудником стічних вод є нафтопродукти (н/п), які попадають в природне водне середовище різними шляхами. Наприклад, внаслідок фонтанування свердловини при закінченні процесу буріння, аварій на водному транспорті при перевезенні танкерами, у результаті аварійних ситуацій з проливання нафтопродуктів та в процесах нафтопереробки.

Згідно даних [1], в Україні у 2010 р. кількість «недостатньо» очищених вод, які були скинуті у водні об'єкти, склала 2555 млн. м<sup>3</sup>, що підтверджує недостатню потужність існуючих очисних споруд та їх низьку ефективність. Огляд публікацій і патентних даних [2–4] з очищення стічних вод та конструкцій устаткування показав, що в основному використовуються земляні відкриті відстійники та біологічна очистка, яка є енергоємною. Такі очисні споруди займають великі території, а ступінь очищення невисока 35-50% від завислих і ще менша від н/п, які значно впливають на забруднення водних ресурсів та атмосфери.

Для більш ефективного очищення стічних вод від н/п використовують технології очищення стічних вод [5–7], які включають стадію фільтрування стічної води (відокремлення завислих частинок) через різні типи пористих перетинок, що відрізняються за хімічним складом та мають різні розміри частинок фільтруючого матеріалу і його пористість. На деяких нафтопереробних заводах (НПЗ) використовують локальні установки очищення з окремих виробництв, але, в основному, існують механічне та біологічне очищення стічних вод після змішування вод 1 і 2 каналізаційних систем.

Для очищення стічних вод НПЗ в основному використовують біологічний (БХО) метод, що проявляє високу активність при певних показниках стічної води: рН – 5,5-8,5, температура – з 20 до 35°C, вміст O<sub>2</sub> – не менше 1-2мг/дм<sup>3</sup>, який забезпечується повітродувками, що використовують потужні електроустановки.

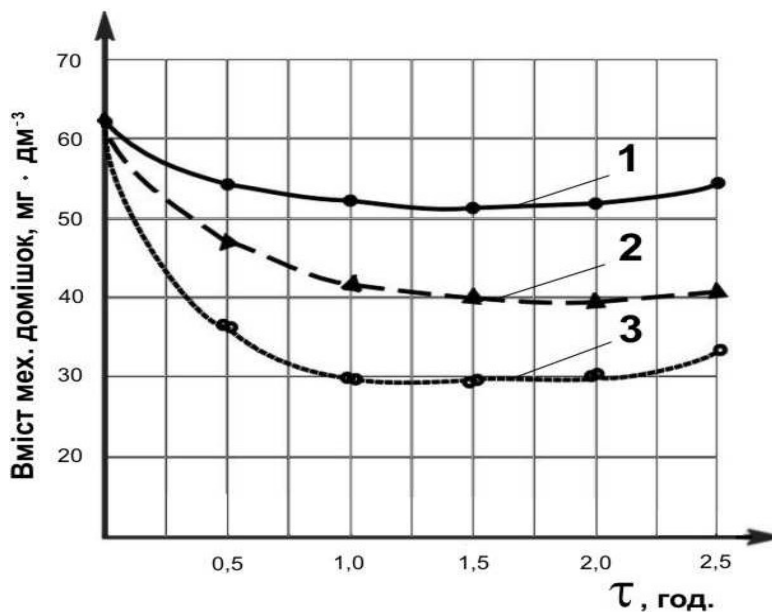
Враховуючи дороговизну електроенергії такий метод очищення є економічно не вигідним. Методи фізико-хімічного очищення для НПЗ використовують не часто.

### Експериментальні дослідження

Для досліджень використовували стічні води ПАТ "Нафтохімік Прикарпаття," що вміщують н/п – 15,1-24,2 мг/дм<sup>3</sup> при допустимому – 1,0 мг/дм<sup>3</sup>, сульфідів – 2,5-3,5 мг/дм<sup>3</sup> за допустимого 0,5 мг/дм<sup>3</sup>, а тверді домішки – 7-132 мг/дм<sup>3</sup>. Визначення вмісту інгредієнтів у стічних водах проводили з використанням методик [8], а розрахунок ступеня очищення від н/п за формулою

$$\alpha, \% = \frac{C_k - C_n}{C_n} \times 100, \text{ де } C_n - \text{початкова концентрація інгредієнта, а } C_k - \text{кінцева.}$$

Для зменшення негативного впливу на довкілля від зливу забруднених стічних вод дослідники [7-11] пропонують тонкошарові відстійники, які проявляють значно вищу ефективність та займають в 100 раз меншу площу. Встановлено [10], що основний вплив на ефективність їх роботи мають такі конструктивні елементи: довжина і висота похилих площин, їх площа, діаметр вхідного патрубку. Однак вплив кута нахилу площин до напрямку потоку не встановлено. Дослідження на першому етапі проводили таким чином. З сировинної ємності стічна вода поступає у змішувач в який додавали коагулянт Al(OH)<sub>3</sub> з розрахунку 5 мл на дм<sup>3</sup> води, яка проходила через відстійник протягом 2,5 годин у кількості до 10 дм<sup>3</sup>. Очищення стічних вод від завислих за допомогою горизонтального відстійника з похилими площинами (ПП) і з додаванням коагулянта показана на рис.1.



- - 1 - горизонтальний відстійник, Δ - 2 - горизонтальний відстійник з ПП та ∞ - 3 - горизонтальний відстійник з ПП і додаванням коагулянта

**Рисунок 1** – Зміна кількості відділення механічних домішок від часу очищення стічних вод через

На основі проведених досліджень та одержаних результатів з очищення стічних вод розроблено тонкошаровий відстійник з новими елементами, які дають змогу підвищувати ефективність очищення стічних вод за рахунок регулювання кута нахилу похилих площин, що випробуваний у промислових умовах на реальних стічних водах, і описаний у патенті [11–14].

Результати досліджень з очищення стічних вод у цьому відстійнику від завислих (мех. домішки) приведено у таблиці 1.

**Таблиця 1 – Результати очищення стічних вод в тонкошаровому відстійнику**

Показники Проба стічної води		Показники стічних вод до очищення, мг/дм <sup>3</sup>		Кут нахилу похилих площин $\alpha$ , град.	Показники стічних вод після очищення, мг/дм <sup>3</sup>		Ступінь очищення, %	
		Завислі	Нафто- продукти		Завислі	Нафто- продукти	Завислі	НП
1	НПЗ	7,61	10,52	0	2,81	3,62	63,0	65,6
2	НПЗ	7,61	10,52	30	1,51	2,19	84,1	76,1
3	НПЗ	10,3	6,35	45	1,85	1,05	82,7	83,5
4	НПЗ	8,78	7,41	60	1,63	2,16	81,5	89,1
5	НГДУ	22,3	1,23	0	6,64	0,56	70,2	54,5
6	НГДУ	21,4	0,95	50	2,15	0,32	89,9	70,4
7	НГДУ	22,3	1,23	60	2,33	0,72	89,5	73,9
8	НГДУ	18,7	1,12	70	2,21	0,28	88,2	75,0

Для зменшення вмісту н/п і сульфідів у стічній воді провели дослідження з апробації можливості очищення стічних вод вуглецевомінеральними матеріалами (ВММ), які одержані з техногенної сировини згідно технології, яка описана в [10] і характеристика яких наведена в таблиці 2.

**Таблиця 2 – Показники ВММ для очищення стічних вод від нафтопродуктів**

№ партії ВММ	Насипна густина, кг/м <sup>3</sup>	Фракція гранул, мм	Питома поверхня, м <sup>2</sup> /г	Пористість, см <sup>3</sup> /г
11	620	3-5	12,4	0,78
24	656	5-10	12,0	0,81
135	635	10-15	12,1	0,54

Технологічні дослідження стічних вод НПЗ з участю ВММ проводили наступним чином. ВММ вагою 200 г поміщали в 3 сорбційні колонки, Методика проведення досліджень на другому етапі аналогічна першому, що описаний вище – через відстійник з похилими площинами і додаванням коагулянта з наступною фільтрацією через ВММ різних фракцій: 1 – колонка завантажена фракцією розміром гранул до 3-5 мм, 2 – фракцією 6-10 мм, а 3-тя – 11-15 мм. Через колонки пропускали стічну воду знизу угору із вмістом нафтопродукта 2,0-7,0 мг/дм<sup>3</sup>. Після досягнення проскоку завислих (збільшення на виході з колонки) через наважку з ВММ, проводили регенерацію фільтруючої наважки, збільшуючи швидкість потоку води через колонку (0,1 дм<sup>3</sup>/с) з наступним продовженням процесу. Результати досліджень приведено у таблиці 3.

Третій етап досліджень включав очищення стічних вод методом фільтрації через ВММ в двох напрямках потоку води у колонці – зверху вниз і знизу угору (табл. 4) за методикою, що використовували в другому етапі.

На основі результатів досліджень розроблено фільтр-адсорбер для очищення стічних вод, опис якого детально приведено в [14].

**Таблиця 3 – Характеристика стічних вод до та після очищення**

Показники проби							
№ проби	ВММ		до очищення, мг/дм <sup>3</sup>		після очищення, мг/дм <sup>3</sup>		Ступінь очищення н/п (α), %
	фр-ція, мм	термо-обробка, °С	мех. домішки	н/п	мех. домішки	н/п	
1	3-5	700	50,2	2,2	12,3	0,2	90,9
2	6-10	700	50,2	2,2	14,1	0,15	93,2
3	11-15	700	50,2	2,2	18,3	0,25	89,0
4	3-5	900	93,6	3,6	24,5	0,15	95,8
5	6-10	900	98,6	3,6	21,8	0,1	94,4
6	11-15	900	98,6	3,6	28,2	0,25	93,0
7	3-5	1100	132,5	6,4	45,3	0,45	92,9
8	6-10	1100	132,5	6,4	50,1	0,5	92,2
9	11-15	1100	132,5	6,4	55,2	0,55	91,4

**Таблиця 4 – Показники стічної води за різних напрямків фільтрування**

№ колонки, фракція ВММ	№ проби води	Вміст інгредієнтів до очищення, мг/дм <sup>3</sup>			Фільтрація зверху-вниз, після очищення, мг/дм <sup>3</sup>				Фільтрація знизу-угору, після очищення, мг/дм <sup>3</sup>			
		н/п	завислі	H <sub>2</sub> S	н/п	завислі	H <sub>2</sub> S	αH <sub>2</sub> S, %	н/п	завислі	H <sub>2</sub> S	αH <sub>2</sub> S, %
1 фр. Ø (2-4мм)	1	12,6	15,3	2,5	2,5	6,1	0,25	90,0	2,1	5,4	0,2	92,0
	2	15,3	20,6	3,0	3,6	7,2	0,52	82,7	3,0	6,2	0,28	90,7
	3	18,2	35,3	3,6	4,2	8,0	0,43	88,1	3,8	6,8	0,39	89,2
2 фр. Ø (5-7мм)	1	12,6	15,3	2,5	3,6	7,1	0,42	83,2	2,4	6,3	0,21	91,6
	2	15,3	20,6	3,0	4,0	8,2	0,56	81,3	3,2	6,8	0,3	90,0
	3	18,2	35,3	3,6	5,1	8,5	0,63	0,825	4,0	7,3	0,42	88,3

### Висновки

1. Згідно результатів проведених досліджень очищення стічних вод НПЗ встановлено, що найбільш ефективно стічні води можна очищати, використовуючи метод, згідно якого вода спочатку змішується з коагулянтном, а потім протікає через відстійник з похилими площинами з наступним доочищенням гранулами ВММ.

2. Відстійник з похилими площинами дозволяє зменшувати площі землі для попереднього очищення площі відстійників, а ступінь очищення стічних вод збільшувати до 50,4-54,8%.

3. Ефективне очищення від механічних домішок, нафтопродуктів і  $H_2S$  необхідно проводити вод фільтрування з напрямом знизу-угору на ВММ фракцією діаметром 2-7 мм, оскільки ступінь очищення від механічних домішок при такому методі загалом зростає з 66,1% до 82,3%, а ступінь очищення від сірководню збільшується до 88,3-92,0%.

### Список літератури

1. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А.К. Запольский, Н.А. Мішкова-Клименко, І.М. Астрелін [та інші]. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
2. Довкілля України: статистичний збірник – Київ, 2008. – С. 48–138.
3. Шевченко, Т.В. Очистка сточных вод нетрадиционными сорбентами / Т.В. Шевченко, М.Р. Манзий, Ю.В. Тарасова // Экология и промышленность России. – 2003. – январь. – С. 35–38.
4. Sarbak, Z. Porous structure of waste fly ashes and their chemical modifications / Z. Sarbak, Kramer-Wachowiak // Powder Technology. – 2002. – P. 53–58.
5. Гляденев, С.Н. Очистка сточных вод: традиции и новации / С.Н. Гляденев // Экология и промышленность России. – 2001. – № 2. – С. 15–17.
6. Vieira, C.M.F. Incorporation of solid wastes in red ceramics – an updated review / C.M.F.Vieira, S.N. Monteiro // Revista Matéria. – V. 14. – N. 3. – 2009. – P. 881–905.
7. Рудник, М.И. Конструкторские и технологические особенности оборудования «ИНСТЭБ» для очищения сточных вод / М.И. Рудник, О.В. Кичигин // Сотрудничество для решения проблемы отходов: материалы V- Научно-техническая конференция. – Харьков, 2008. – С. 250–252.
8. Лурье, Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье. – М., 1984. – 448 с.
9. Лукашевич, О.Д. Экологические аспекты очищения воды фильтрованием / О.Д. Лукашевич // Экология промышленного производства. – 2005. – С. 31–33.
10. Челядин, Л.І. Дослідження впливу конструктивних елементів тонкошарового відстійника на ефективність їхньої роботи та екобезпеку об'єкта / Л.І. Челядин, В.П. Лісафін, В.Л. Челядин // Науковий вісник Львівського національного лісотехнічного університету України. – 2009. – № 19.7. – С. 111–117.
11. Шевчук, Е.А. Технология прямоточного фильтрования природных и сточных вод через зернистые загрузки / Е.А. Шевчук, А.В. Мамченко, В.В. Гончарук // Химия и технология воды. – 2005. – № 4. – С. 369–384.
12. Челядин, Л.І. Екологічні та хіміко-технологічні аспекти утилізації та модифікації техногенних матеріалів / Л.І. Челядин // Вопросы химии и химической технологии. – 2000. – № 1. – С. 250–252.
13. МПК В 01 D 25/00. Тонкошаровий відстійник для очищення вод: пат. 5740 Україна / Л.І. Челядин, М.В. Лігоцький, В.Л. Челядин, Б.Й. Ружицький; патентовласник Л.І. Челядин, М.В. Лігоцький, В.Л. Челядин, Б.Й. Ружицький – № 2004086748; заявл. 12.08.04; опубл. 15.03.05, Бюл. № 3. – 3 с.
14. Фільтр-адсорбер: пат. 27668 Україна МПК В 01 D 35/02 / Л.І. Челядин, Я.М. Дрогомирецький, В.Л. Челядин, М.Р. Скробач, М.М. Богославец; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № 200707240; заявл., 27.06.07; опубл. 12.11.07. – Бюл. № 12. – 3 с.

## НЕОБХОДИМОСТЬ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ

**Чугай Е.О., Дячук О.В., Рокочинский А.Н.**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования,  
г. Ровно, Украина, zhenyachugay@mail.ru

*The article considers the modern problems of functioning the drainage systems of Western Polissya of Ukraine on the example of «Zabolottya» and «Stubla» drainage systems*

### **Введение**

Осушаемые земли Украины являются чрезвычайно важным потенциалом страны при ведении аграрного производства.

В современных рыночных условиях повышенные требования к отдаче осушаемых земель обострили внимание на основных проблемах оценки и улучшения их эколого-мелиоративного состояния.

При этом важным научно-практическим заданием является оценка и своевременное предвидение изменений эколого-мелиоративного состояния осушаемых, прежде всего торфяных, почв и научное обоснование эффективных мер по его улучшению [1, 2].

В соответствии с «Общегосударственной целевой программой развития водного хозяйства и экологического оздоровления бассейна реки Днепр на период до 2021 года» одной из приоритетных задач в области мелиорации является обеспечение устойчивого функционирования и экологической безопасности мелиоративных систем путем улучшения их эколого-мелиоративного состояния и принятия мер по инженерной защите мелиорированных сельскохозяйственных угодий и прилегающих территорий от подтопления.

Целью Программы является повышение роли мелиорированных земель в продовольственном и ресурсном обеспечении государства, уменьшения зависимости сельскохозяйственного производства от неблагоприятных природно-климатических условий, улучшения экологического состояния и обеспечение экологически безопасных условий функционирования мелиоративных систем.

Реализация Программы позволит повысить эффективность использования мелиорированных земель и сохранить гарантированный источник производства сельскохозяйственной продукции, остановить развитие негативных тенденций в отрасли, восстановить мелиоративные системы, которые еще не потеряли своего потенциала, улучшить их техническое и экологическое состояние, повысить технологический уровень использования гидромелиоративных систем и находящихся в зоне их влияния территорий.

Проведенные в Западном Полесье Украины широкомасштабные мелиорации способствуют не только интенсификации аграрного производства на осушаемых землях и повышению валового сбора сельскохозяйственной продукции, но и вызывают определенные изменения в окружающей среде.

Решение данных вопросов предусматривается на примере осушительных систем «Заболотье» и «Стубла», расположенных во Владимирецком районе Ровенской области, по которым сформирована база многолетних ретроспективных наблюдений за эффективностью использования осушаемых земель и их эколого-мелиоративного состояния.

Осушительная система «Заболотье» была построена в 1965 году, а в 1981 году проведена ее реконструкция с переводом из самотечной в польдерную. Система имеет площадь брутто 490 га (нетто 460 га). Осушаемые земли по всей площади представлены торфяниками (из них глубиной торфа более 1 м на площади 160 га). Общая площадь сельскохозяйственных угодий составляет 412,14 га, из них в 2013 году в аграрном производстве использовалось 354,83 га. При этом средняя урожайность выращиваемых зерновых и зернобобовых культур составила всего 8,3 ц/га.

Осушительная система «Стубла» была введена в эксплуатацию поэтапно на протяжении 1967–1992 гг. Площадь брутто составляет 12518,4 га (нетто 11877,4 га). На территории системы размещаются 10 сельских советов. Осушаемые земли представлены торфяниками на площади 5376 га (из них глубиной торфа более 1 м на площади 1754 га). Общая площадь сельскохозяйственных угодий составляет 9851,3 га, из них в 2013 году в аграрном производстве использовалось 7542,1 га. При этом средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур составила 7,1 ц/га.

Проблемными вопросами данных осушительных систем являются изменения водно-физических свойств торфяных почв, а именно: уменьшение природных влагозапасов, их водопроницаемости и др., что привело к ухудшению их общего эколого-мелиоративного состояния (возникновение пожаров, уменьшение плодородия почв и развитие процессов вторичного заболачивания осушаемых земель).

В связи с этим, возникает необходимость научного обоснования комплекса инженерно-мелиоративных мероприятий по улучшению технического состояния и эксплуатации осушительных систем, оценки и прогноза изменений эколого-мелиоративного состояния сельскохозяйственных угодий, повышения их продуктивности.

### **Основная часть**

В результате социально-экономических, погодно-климатических и технико-технологических изменений, происшедших за последние несколько десятилетий, эффективность осушительных систем даже с благоприятным эколого-мелиоративным состоянием сейчас ставится под сомнение. В том числе в зоне Западного Полесья Украины (в зависимости от погодно-климатических условий года) эколого-мелиоративное состояние осушаемых земель характеризуется как неудовлетворительное (земли переувлажненные или пересушенные), что не позволяет достигать уровня проектной урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Это свидетельствует о том, что с мелиорированных земель не дополучается значительная часть необходимой сельскохозяйственной продукции. Таким образом, продуктивность мелиорируемых земель тесно связана с изменчивыми, особенно в последние годы, погодно-климатическими условиями, уровнем их агротехнического и инженерно-мелиоративного обеспечения.



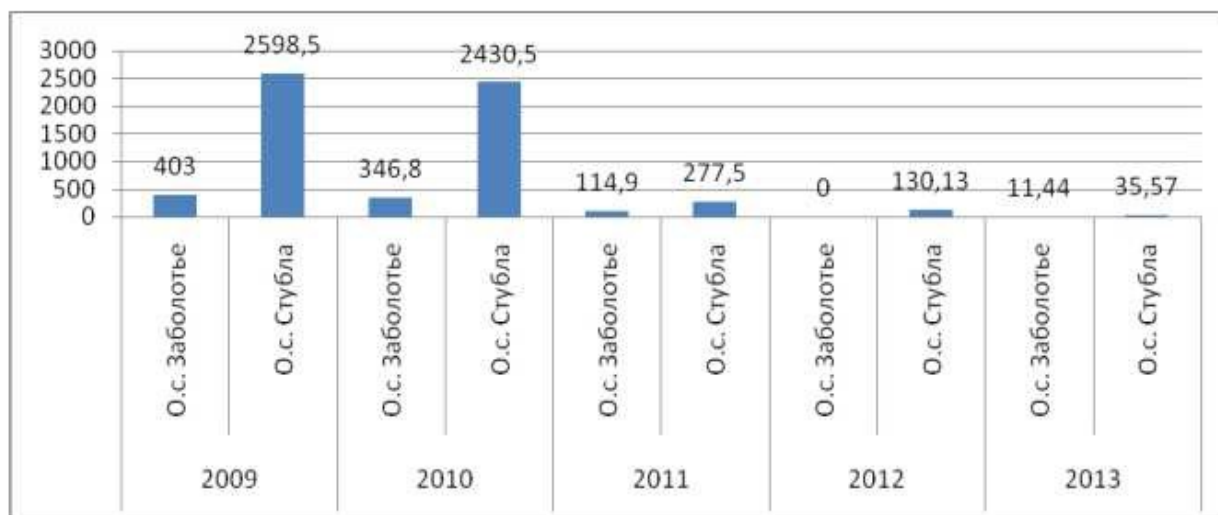
Сравнительная характеристика рассматриваемого периода использования мелиорируемых земель осушительных систем «Стубла» и «Заболотье» в разрезе функционирующих сельскохозяйственных производственных комплексов (СПК) приведена в табл. 1.

**Таблица 1** – Сравнительная характеристика рассматриваемого периода использования мелиорируемых земель осушительных систем «Стубла» и «Заболотье»

Годы	Названия мелиоративных систем	Названия землепользователей	Всего с.-х. угодий, га
1	2	3	4
2009	Заболотье	СПК «Заболотье»	198
		СПК «Нива»	205
	Стубла	СПК «Колос»	229,1
		СПК «Озерской»	705
		СПК «Хиночи»	875
		СПК «Степангородский»	96,4
		СПК «Звезда»	396
		СПК «Украина»	297
2010	Заболотье	СПК «Заболотье»	177,8
		СПК «Нива»	169
	Стубла	СПК «Колос»	302,6
		СПК «Озерской»	705
		СПК «Хиночи»	901
		СПК «Степангородский»	48,9
		СПК «Звезда»	176
		СПК «Украина»	297
2011	Заболотье	СПК «Заболотье»	114,9
	Стубла	СПК «Колос»	112
		СПК «Звезда»	162,5
2012	Заболотье	-	-
	Стубла	СПК «Колос»	45,67
		СПК «Звезда»	70
		СПК «Украина»	3
		СПК «Степангородский»	11,46
2013	Заболотье	СПК «Заболотье»	11,44
	Стубла	СПК «Колос»	17,57
		СПК «Звезда»	15
		СПК «Украина»	3

Существующее финансовое положение большинства аграрных производителей приводит к деградации внутрихозяйственных мелиоративных систем. На осушенных массивах имеют место негативные процессы вторичного заболачивания. Почти 30% осушенных земель используются как непроизводительные луга и пастбища. Увеличиваются сроки пропуска наводнений и паводков вследствие заиления каналов, сбросных коллекторов и зарастания их кустарниками. На осушительных системах выходит из строя и демонтируется запорно-регулирующая арматура. Необратимый характер имеет потеря квалифицированных кадров, подавляющее большинство хозяйств, имеющих мелиорированные земли, остаются без специалистов-гидротехников [1].

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция значительного сокращения использования осушаемых земель крупными землепользователями (рис. 1).



**Рисунок 1** – Всего мелиорируемых сельскохозяйственных угодий, используемых СПК за последние 5 лет (га)

В последнее время на осушенных землях не проводились столь необходимые агромелиоративные мероприятия (планирование земель, глубокое рыхление и т.д.). Более 20 % мелиоративных каналов заросли кустарниками и заилились. Техническое состояние внутрихозяйственных осушительных систем из-за убыточной деятельности большинства сельскохозяйственных производителей приводит к неспособности выполнения ими своей основной функции отвода избыточных вод, а их разрушение создает экологическую и техногенную опасность. Во время паводков увеличиваются зоны и сроки затопления сельскохозяйственных угодий и населенных пунктов. Из-за неудовлетворительного состояния мелиоративной сети в засушливые годы не на всей площади по назначению используются системы двустороннего действия. Энергетическое оборудование польдерных насосных станций отработало нормативный срок и на большинстве объектов требует капитального ремонта или замены.

Все мелиоративные мероприятия на ранее заболоченных и переувлажненных землях Западного Полесья Украины были направлены, прежде всего, на создание благоприятной эколого-мелиоративной ситуации, независимо от погодно-климатических условий года.

Под мелиоративной ситуацией подразумевается степень улучшения мелиоративными мероприятиями неблагоприятных условий среды (гидрологических, почвенных, климатических) в расчетные периоды эксплуатации системы. Доминирующим фактором формирования мелиоративной ситуации на осушаемых землях является режим грунтовых вод. Закономерности режима грунтовых вод, по сравнению с природными и техногенными условиями, составляют основу регулирования водного режима осушаемых земель и поддержания их благоприятного эколого-мелиоративного состояния.

Уровни грунтовых вод колеблются в зависимости от изменения погодно-климатических факторов. В период выпадения интенсивных осадков часто отмечается выход воды на поверхность почвы. Следует также отметить, что на значительных площадях к середине вегетационного периода грунтовые воды снижаются до критических глубин (ниже 1,5 м). При таком залегании уровня грунтовых вод увлажнение корнеобитаемого слоя торфяных почв, за счёт капиллярного подпитывания, является недостаточным, создается реальная угроза их иссушения и возгорания.

**Таблица 2 – Распределение площадей осушаемых земель Западного Полесья Украины по глубине залегания уровня грунтовых вод в течение 2009–2013 годов (на примере о.с. «Стубла» и «Заболотье»)**

Годы	Названия мелиоративных систем	Наличие осушаемых земель, тыс. га	Распределение осушаемых земель по уровню залегания грунтовых вод, тыс. га		
			благоприятное	удовлетворительное	неудовлетворительное
2009	Заболотье	0,490	0,149	0,198	0,065
	Стубла	12,518	3,255	4,703	1,880
2010	Заболотье	0,490	0,132	0,208	0,072
	Стубла	12,518	3,305	4,780	1,766
2011	Заболотье	0,490	0,125	0,215	0,072
	Стубла	12,518	3,169	4,906	1,776
2012	Заболотье	0,490	0,114	0,191	0,107
	Стубла	12,518	3,079	4,916	1,856
2013	Заболотье	0,490	0,114	0,191	0,107
	Стубла	12,518	3,036	4,929	1,886

При эксплуатации осушительных систем «Стубла» и «Заболотье» Ровенской гидро-геолого-мелиоративной экспедицией проводились наблюдения за уплотнением торфяников, динамикой влаги, скважностью, водопроницаемостью и водоотдачей.

В результате проведенных исследований в условиях осушения установлено, что фильтрационные свойства торфяников существенно отличаются выше и ниже уровня грунтовых вод. В первом случае преобладает уплотнение и сжатие осушенных торфяников под давлением верхних слоев, в результате чего их водопроницаемость уменьшается почти в два раза. Чем ниже уровень грунтовых вод, обусловленный осушаемой сетью каналов, тем значительней уменьшение фильтрационных свойств верхних слоев торфяников. Особенное предостережение вызывает снижение уровней грунтовых вод ниже критических глубин на отдельных участках, сложенных торфяниками. Это приводит к возникновению торфяных пожаров в засушливые периоды года, количество которых за последние годы постоянно увеличивается. Торфяные пожары наносят значительный ущерб на региональном уровне и государству в целом, а при плохой организации борьбы с ними может пострадать и население, проживающее в зоне их распространения. Торф содержит до 25 % битумов, во время пожара они сосредотачиваются у горячей поверхности и при ее охлаждении водой цементируют частицы угля. Как следствие, возникает водонепроницаемый слой, под которым остается тление, что возможно при невысоком содержании кислорода в воздухе. Это явление затрудняет тушение торфяных пожаров, так как вода не может проникнуть к очагу пожара. Опасность торфяных пожаров также состоит в том, что в процессе горения образуются полости и прослойки (часто с жаром) с выгоревшим торфом, в которые могут проваливаться люди, животные, техника и даже дома [3].

В последние годы в Западном Полесье Украины довольно часто наблюдается затопление и подтопление сельскохозяйственных территорий. Явление подтопления связано со значительным повышением уровня грунтовых вод, ко-

торое приводит к избыточному увлажнению почв и касается полного их насыщения водой. При этом происходят существенные изменения окружающей среды, нарушаются бытовые условия населения и хозяйственная деятельность на определенной территории проживания.

Современное развитие компьютерных технологий позволяет с достаточной для практики точностью прогнозировать зоны подтопления сельскохозяйственных и населенных пунктов. Длительное повышение уровня грунтовых вод (выше критических), которое приводит к подтоплению территорий, преимущественно обусловлено аномальными водно-температурными условиями, частота возникновения которых увеличилась в результате изменения климата как на планетарном, так и региональных уровнях. Основной причиной их возникновения является значительное превышение среднесезонных норм осадков и температуры воздуха, особенно в осенне-зимний или в зимне-весенний периоды. Это, в свою очередь, ведет к увеличению стока и очень часто к выходу воды из берегов рек на значительных площадях. Это приводит не только к подтоплению, но и длительному затоплению равнинных территорий.

### **Заключение**

Таким образом, снижение уровня эффективности водохозяйственно-мелиоративной отрасли в результате объективных причин приводит к возникновению целого комплекса проблем, решение которых невозможно без соответствующего научно-технического сопровождения.

В связи с этим, на сегодня наиболее важными задачами в зоне Западного Полесья Украины являются:

- обеспечение устойчивого и надежного функционирования существующих мелиоративных систем;
- снижение энерго- и материалоемкости мелиоративных систем;
- повышение эффективности использования мелиорированных земель;
- улучшение экологического состояния осушенных сельскохозяйственных угодий;
- кадровое, научно-техническое и нормативно-правовое обеспечение функционирования отрасли;
- внедрение механизма государственной поддержки, регулирование экономических и правовых взаимоотношений в области мелиорации земель как важной составной части государственной аграрной политики.

Решение этих и других проблем должно согласовываться с перспективой развития отрасли в целом, экономическими возможностями государства, учетом накопленного отечественного и зарубежного опыта.

### **Список литературы**

1. Козловський, Б.І. Меліоративний стан осушуваних земель західних областей України – Львів: Євросвіт, 2005. – 419 с.
2. Рокочинський, А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія / А.М. Рокочинський. – Рівне: Національний університет водного господарства та природокористування, 2010. – 351 с.
3. Козловский, Б.И. Оценка современной мелиоративной обстановки на осушаемых землях западных областей УССР и совершенствование работ гидрогеологической мелиоративной службы // Достижение научно-технического прогресса – в проекты мелиоративного строительства: тез. докл. научно-технической конференции – К.: Укргипроводхоз, 1986. – С. 86.

## РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ ОБОСНОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ПРОЕКТАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА

**Шалай С.В., Рокочинский А.Н.**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования,  
г. Ровно, Украина, sergio\_77@inbox.ru

*The calculation methods of long-term forecast crop capacity on the drained lands on the stage of development of new construction and reconstruction projects of melioration objects in real natural, agrotechnical and melioration conditions are considered. It will enable to carry out an adequate estimation of design technological decisions on water-regulation of drained lands with a choice of best decision.*

### **Введение**

Экономический кризис последних лет послужил главной причиной значительного падения продуктивности мелиорированных угодий, в частности общей эффективности осушительных мелиораций. Уменьшились поставки удобрений, мелиорантов, химических средств защиты растений, сократились объемы реконструкции мелиоративных систем (МС), ухудшилась технология мелиоративного земледелия. Как следствие, проявляется неудовлетворительное экологическое состояние осушаемых почв, ухудшается их питательный и водный режим.

Вместе с тем, в зоне неустойчивого увлажнения Украины осушаемые земли были и остаются практически основным средством производства сельскохозяйственной продукции, составляя в среднем 30...40 % от всей площади сельскохозяйственных угодий.

Поэтому, проведение мелиораций, в том числе и на осушаемых землях, на современном этапе должно базироваться на повышении требований к качеству оценки, прогноза и оптимизации управления водным и общим природно-мелиоративным режимами осушаемых земель на всех стадиях построения схем принятия решений во времени при проектировании и эксплуатации мелиоративных объектов [6].

В связи с этим, особое значение следует уделить вопросам управления мелиоративными объектами как сложными природно-техническими системами в перспективе на многолетний период с учетом тенденции глобального изменения климата, которая проявляется в постоянном повышении температуры воздуха и неравномерности распределения атмосферных осадков [7].

Главная цель при этом достигается за счет внедрения новейших технологий, основанных на разработке и реализации методов организации пространственной информации, проведения целевых исследований, создании прикладных автоматизированных систем поддержки управленческих решений на разных уровнях их принятия во времени на основе оптимизационных и имитационных моделей, включая модели продуктивности и их производственной реализации.

принятия во времени на основе оптимизационных и имитационных моделей, включая модели продуктивности и их производственной реализации.

В свою очередь, осуществить объективную оценку конкретного технологического решения с целью управления мелиоративными объектами на долгосрочной основе возможно только благодаря определению реального уровня продуктивности мелиорируемых земель в виде урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур. Это обусловлено тем, что именно урожай вместе с экологическим эффектом выступают определяющими характеристиками при обосновании проектных решений на эколого-экономических принципах.

Проектная урожайность, которая была и остается главным критерием эффективности реализации гидромелиорации, сегодня рассматривается как константа независимо от условий реального объекта и принимается или по фактическим зональным значениям, или приближенно рассчитывается на основе существующих методов ее программирования. Это не позволяет отображать возможность ее достижения в изменчивых условиях реального объекта. Поэтому необходимо осуществить разработку современных методов на основе долгосрочного прогноза действительно возможной (эффективной) урожайности, которые позволят обоснованно прогнозировать ее в зависимости от определяющих факторов влияния.

### Основная часть

Инструментом практической реализации поставленной задачи может служить комплекс прогнозно-имитационных моделей, позволяющий осуществить прогноз и оценку общей эколого-экономической эффективности технических и технологических решений по водорегулированию осушаемых земель и направленный на получение реальной величины урожайности на осушаемых землях с учетом комплекса изменчивых условий, присущих конкретному объекту. Принципы построения и реализации последнего основываются на следующих положениях.

Проекты строительства (реконструкции) мелиоративных объектов предусматривают их функционирование в заданных границах изменчивых климатических, агротехнических, почвенных, мелиоративных и других условий. Поэтому под проектным уровнем урожайности следует понимать эффективную средневзвешенную урожайность выращиваемых культур, которая может быть получена расчетным путем с учетом долгосрочного прогноза изменчивых во времени и пространстве природно-климатических, агротехнических и мелиоративных условий на протяжении проектного срока функционирования объекта.

Поэтому, с учетом существующих подходов [1–3 и др.], нами предлагается модель в виде проектной урожайности  $\bar{Y}_k$  выращиваемой культуры на осушаемых землях

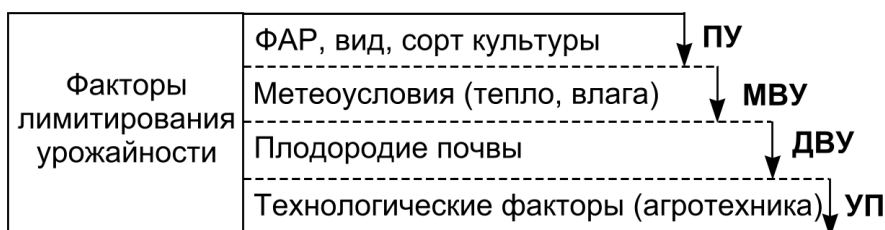
$$\bar{Y}_k = \sum_{\omega=1}^{n_{\omega}} \sum_{g=1}^{n_g} \sum_{p=1}^{n_p} Y_{k\omega g s p} \cdot f_{\omega} \cdot f_g \cdot \alpha_p, \text{ ц/га}, \quad (1)$$

где  $Y_{k\omega g s p}$  – расчетная величина эффективной урожайности  $k$ -й культуры в соответствующих климатических  $\omega$ , почвенных  $g$ , мелиоративных (технология водорегулирования)  $s$  условиях для различных по тепло- и влагообеспеченности периодов вегетации  $p$ ;  $f_{\omega}$ ,  $f_g$  – доленое участие площадей природно-климатических и почвенных разновидностей в пределах объекта;  $\alpha_p$  – определенные или заданные значения долей возможного состояния типичных схем

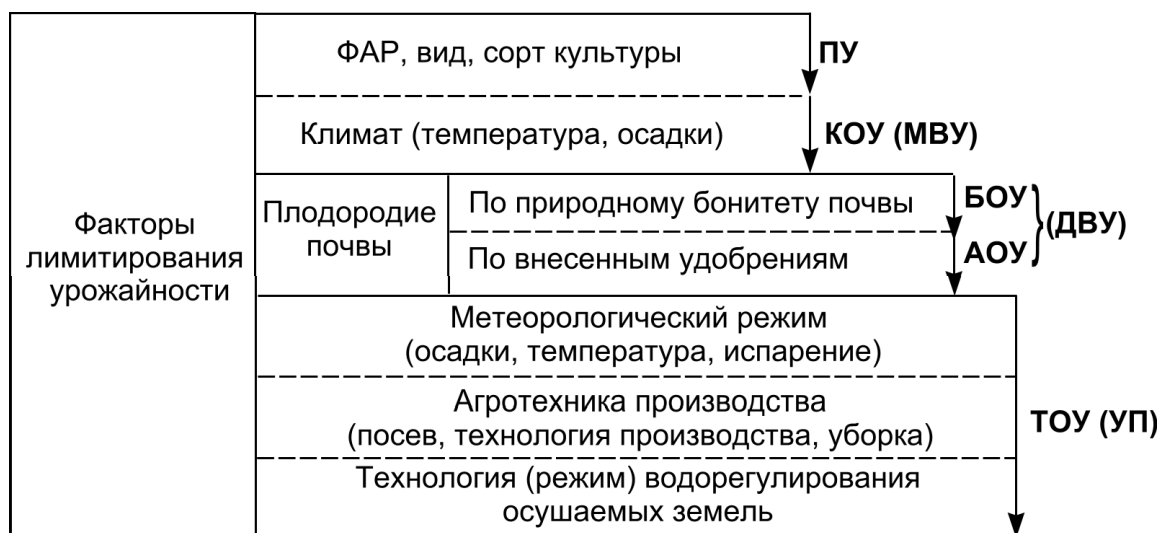
Реализация модели (1) возможна при определении величины эффективной урожайности  $Y_{kogspr}$ , которая отображает влияние основных природных, агротехнических и мелиоративных факторов на развитие растений. Поэтому, после рассмотрения основных категорий урожайности – от потенциальной до технологической – нами были усовершенствованы принципы построения и реализации общей модели урожайности на осушаемых землях.

Для этого за основу был выбран известный подход Х.Г. Тооминга (рис. 1,а) [2]. Поскольку этот подход имеет структурную неопределенность его реализации на проектном уровне, нами, в отличие от Х.Г. Тооминга, введены уточненные категории урожайности (рис. 1,б), которые раскрывают и уточняют структуру общей расчетной модели.

а) По Тоомингу



б) Усовершенствованные категории



**Рисунок 1** – Основные категории урожайности осушаемых земель и их соответствие эталонным урожаям.

На рис. 1 использованы такие обозначения: **ПУ** – потенциальная урожайность; **МВУ** – метеорологически возможная урожайность; **ДВУ** – действительно возможная урожайность; **УП** – урожайность производства; **КОУ** – климатически обеспеченная урожайность; **БОУ** – урожайность, обеспеченная природным бонитетом почвы; **АОУ** – агротехнически обеспеченная урожайность по внесенным удобрениям; **ТОУ** – технологически обеспеченная урожайность.

С учетом этого, а также чрезвычайно сложного характера процесса формирования урожая, для стадии проекта реконструкции и нового строительства МС, общая модель эффективной урожайности сельскохозяйственных культур на осушаемых землях может быть представлена в следующем мультипликативном виде:

$$Y_{k\text{огсп}} = Y_{\text{окр}}^F \cdot \prod_{i=1}^{n_i} K_i = Y_{\text{окр}}^F \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad i = \overline{1, n_i}, \quad \text{ц/га}, \quad (2)$$

где  $Y_{\text{окр}}^F$  – климатически обеспеченная урожайность за период вегетации  $k$ -й культуры;  $K_1$  – коэффициент снижения урожайности по бонитету почвы ( $0 \leq K_1 \leq 1$ );  $K_2$  – коэффициент увеличения урожайности за счет удобрений, ( $K_2 > 1$ , но  $0 < K_1 \times K_2 \leq 1$ );  $K_3$  – коэффициент снижения урожайности при отклонении срока сева (возобновления вегетации) от оптимального значения ( $0 \leq K_3 \leq 1$ );  $K_4$  – коэффициент влияния природно-мелиоративных условий (климата и технологий водорегулирования) за вегетацию культуры на формирование урожайности ( $0 \leq K_4 \leq 1$ );  $K_5$  – коэффициент снижения урожайности при отклонении срока уборки от оптимального значения ( $0 \leq K_5 \leq 1$ );  $K_6$  – коэффициент уменьшения урожайности за счет потерь при уборке и транспортировке ( $0 < K_6 \leq 1$ ).

Определение составляющих модели (2) возможно только на основе применения методов математического моделирования на ЭВМ по соответствующим моделям прогнозной оценки метеорологических режимов расчетных периодов вегетации, водного режима и технологий водорегулирования осушаемых земель [5] с учетом современных методов программирования урожая [2, 3 и др.]. Кроме этого, необходима проверка полученных результатов по данным полевых и производственных исследований. Вместе с тем, определяющие условия реального объекта необходимо рассматривать в виде схематизированных природно-мелиоративных условий относительно совокупностей расчетных метеорологических режимов, почв, технологий водорегулирования и культур проектного севооборота [5].

Идентификация разработанного комплекса имитационных моделей выполнена на опытно-производственном стационаре кафедры гидромелиораций НУВХП “Майский” (Переяслав-Хмельницкий район Киевской области) по ретроспективным многолетним данным (1978–1991) на примере выращивания кукурузы на силос. Верификация выполнена по ретроспективным многолетним данным (1967–1994) на опытно-производственном стационаре Института сельского хозяйства Полесья УААН (Коростенский район Житомирской области) на примере выращивания многолетних трав на зеленую массу.

Для производственной проверки предложенного метода осуществлен машинный эксперимент для условий реального проекта осушительно-увлажнительной системы площадью 412 га в зоне западного Полесья Украины на землях СВК “Пархоменское” Любомльського района Волынской области. Так, для усредненных почвенных условий по данному объекту расчетные значения проектной урожайности многолетних трав на сено, в зависимости от способов водорегулирования (за основу рассмотрены наименее эффективный – осушение – и наилучший – орошение дождеванием на фоне предупредительного шлюзования – способы) и уровня внесенных удобрений, колеблется от 16,6 до 49,5 ц/га. Такой размах варьирования согласовывается с соответствующими значениями заданной по проекту (28 ц/га) и фактической урожайности за период 1991–1995 гг. (19,0...22,1 ц/га) данной культуры. Полученные аналогичным образом результаты для других культур проектного севооборота также хорошо согласовываются с соответствующими проектными и фактическими их значениями для зональных условий исследуемого объекта.



Данные разработки прошли апробацию на системах двухстороннего действия в Киевской (на площади 155 га), Житомирской (487 га) и Волынской (412 га) областях. Она показала, что учет присущих объекту природных, агротехнических и мелиоративных условий позволяет повысить обоснованность определения реальной урожайности в сравнении с заданными проектом значениями. В свою очередь, это адекватно отражается на определении реального уровня капиталовложений и расходов на мелиорацию, которые направляются на строительство, реконструкцию или эксплуатацию МС.

Для производственной реализации предложенного метода разработан нормативный документ в виде приложения к государственным строительным нормам и правилам [4]. Он содержит два подхода по решению рассмотренного вопроса: полную реализацию разработанного метода на основе комплекса прогнозно-имитационных моделей на ЭВМ и упрощенный вариант его реализации в производственных условиях за нормированными значениями корректирующих коэффициентов.

### **Заключение**

Таким образом, предложенный метод долгосрочного прогноза продуктивности осушаемых земель позволит повысить обоснованность проектных технологических решений по водорегулированию осушаемых земель (с выбором наилучшего из них) на основе определения соответствующей урожайности выращиваемых культур в изменчивых природных, агротехнических и мелиоративных условиях реального объекта.

### **Список литературы**

1. Жуковский, Э.Э. Метеорологическая информация и экономические решения. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 304 с.
2. Жуковский, Э.Э. Вероятностные прогнозы эталонных урожаев / Э.Э. Жуковский, О.В. Сепп, Х.Г. Тооминг // Метеорология и гидрология. – 1990. – № 1. – С. 18–23.
3. Каюмов, М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 18–72.
4. Обоснование эффективной проектной урожайности на осушаемых землях при строительстве и реконструкции мелиоративных систем. Приложение к государственным строительным нормам и правилам В.2.4.-1-99 “Мелиоративные системы и сооружения” (раздел 3. Сушительные системы). – Киев-Ровно, 2006. – 50 с.
5. Рокочинский, А.Н. Оптимизация проектных технических и технологических решений по водорегулированию осушаемых земель: автореферат дисс. д-ра техн. наук: 06.01.02 / Институт гидротехники и мелиорации УААН. – К., 2002. – 35 с.
6. Рокочинский, А.Н. Современные научные подходы к решению сложных эколого-экономических проблем в мелиорации // Повышение эффективности мелиорации сельскохозяйственных земель: доклады международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Института мелиорации и луговодства НАН Беларуси и 95-летию со дня рождения академика С.Г. Скоропанова, г. Минск, 20–22 сентября 2005 г. – Минск, 2005. – С. 346–350.
7. Ромащенко, М.И. Современное состояние, основные проблемы водных мелиораций и пути их решения / М.И. Ромащенко, О.О. Собко, И.И. Калантиренко; под ред. академика УААН и РАСХН, д.т.н., профессора П.И. Коваленко – К.: Аграрная наука, 2001. – 216 с.

## СПИСОК АВТОРОВ

<b>А</b>		<b>З</b>	
Асадчая М.А.	3	Зайченко Л.Г.	112
Ануфриев В.Н.	140	Заец В.В.	254
<b>Б</b>		Зятина В.И.	218
Бедункова О.А.	11	Зельдова А.И.	203
Бульская И.В.	23	Зубрицкая Т.Е.	191
Богославец М.М.	274	Захарко П.Н.	107
<b>В</b>		<b>К</b>	
Водчиц Н.Н.	16, 64	Каландадзе Б.Б.	118
Волчек А.А.	23, 27, 34, 42, 48, 140	Кирвель И.И.	127
Валуев В.Е.	27	Коляда В.В.	134
<b>Г</b>		Корнеев В.Н.	140
Гертман Л.	54, 140	Кулеш В.Ф.	150
Гигевич Б.А.	59	Коцюба А.С.	146
Громик Н.В.	16, 64	Кадацкая О.В.	264
Грядунова О.И.	72	Кукшинов М.С.	127
Гуринович А.Д.	80, 84	Красногорская Н.Н.	203
Гакало О.И.	155	Клименко А.Н.	11
Гулькович М.В.	162	<b>Л</b>	
Гусева Т.М.	178	Лихо Е.А.	155
Галуц О.А.	196	Лицкевич А.Н.	162
Громадская Е.И.	230	Лукашевич В.М.	168, 172
<b>Д</b>		<b>М</b>	
Дайнеко Н.М.	92	Мороз М.Ф.	16
Дмитриева В.А.	100	Мешик О.П.	27, 191
Дубенок С.А.	107	Мажайский Ю.А.	178
Двалашвили Г.Б.	118	Максимова С.Е.	184
Дашкевич М.М.	196	Марченко Ю.Д.	187
Дячук О.В.	279	Михальчук Н.В.	196
Дашкевич Д.Н.	27	Михальчук С.Н.	196
<b>Ж</b>		Мусина С.А.	203
Жадько С.В.	92	Малкова М.А.	203
		Макаревич С.В.	269
		Мандрик О.М.	274

<b>Н</b>		<b>Т</b>	
Назарова В.В.	211	Тимофеев С.Ф.	92
Нездойминов В.И.	218	Трапаидзе В.З.	118
Нефедова Е.Г.	100	Ткачук Н.Н.	245
Омельченко Н.П.	112	Ткачук Р.Н.	245
Ненашев Р.А.	187	Турченко В.А.	254
<b>О</b>		<b>Ч</b>	
Овчарова Е.П.	264	Чезлова О.Е.	34
<b>П</b>		Чернышев В.Н.	218
Поздняков А.А.	84	Черенков А.В.	225
Прибыловская Н.С.	184	Чобитько Е.С.	260
Платонова И.М.	203	Челядин Л.И.	274
Паллу Л.Н.	225	Челядин В.Л.	274
Пеньковская А.М.	230	Чугай Е.О.	279
Попова Е.Н.	230	<b>Ш</b>	
Приходько Н.В.	238, 254	Шалай С.В.	285
<b>Р</b>		Шмык Е.В.	3
Рутковский П.	54	Шпендик Н.Н.	48
Римкус Э.	140	Шелест Т.А.	42
Рокочинский А.Н.	225, 238, 245, 254, 279, 285	Шариков А.П.	59
Рязанова М.Ю.	260	<b>Ю</b>	
<b>С</b>		Юхневич Г.Г.	260
Стельмашук С.С.	16, 64		
Синежук И.Б.	112		
Стоневичус Э.	140		
Снитко Ю.О	191		
Санец Е.В.	264		
Селевич Т.А.	269		

# СОДЕРЖАНИЕ

## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

<b>Асадчая М.А., Шмык Е.В.</b> ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ БЕЛАРУСИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ .....	3
<b>Бедункова О.А., Клименко А.Н.</b> ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ ГОРЫН.....	11
<b>Водчиц Н.Н., Громик Н.В., Мороз М.Ф., Стельмашук С.С.</b> ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БАССЕЙНА РЕКИ ЯСЕЛЬДА.....	16
<b>Волчек А.А., Бульская И.В.</b> ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОРЕМЕДИАЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	23
<b>Волчек А.А., Валуев В.Е., Мешик О.П., Дашкевич Д.Н.</b> СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА .....	27
<b>Волчек А.А., Чезлова О.Е.</b> МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ СГЦ «ЗАПАДНЫЙ» .....	34
<b>Волчек А.А., Шелест Т.А.</b> РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ПО СИНХРОННОСТИ КОЛЕБАНИЙ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ .....	42
<b>Волчек А.А., Шпендик Н.Н.</b> ОЦЕНКА ВЛАГОЗАПАСОВ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ.....	48
<b>Гертман Л., Рутковский П.</b> ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КОБРИНСКОГО РАЙОНА.....	54
<b>Гигевич Б.А., Шариков А.П.</b> ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА МАЛОЙ РЕКИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УРБАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ ВОДОСБОРА НА ПРИМЕРЕ РЕКИ МЫШКА.....	59
<b>Громик Н.В., Водчиц Н.Н., Стельмашук С.С.</b> ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКА ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ ДИФфуЗОРА .....	64
<b>Грядунова О.И.</b> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РОДНИКОВ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ.....	72
<b>Гуринович А.Д.</b> АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ НОВОЙ РЕДАКЦИИ ВОДНОГО КОДЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....	80

<b>Гуринович А.Д., Поздняков А.А.</b> АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ПО ПОДБОРУ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ .....	84
<b>Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф., Жадько С.В.</b> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НЕКОТОРЫХ ОЗЕР г. ГОМЕЛЯ.....	92
<b>Дмитриева В.А., Нефедова Е.Г.</b> ОТРАЖЕНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА КАЧЕСТВЕ ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНОЙ ГИДРОСФЕРЫ (НА ПРИМЕРЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ) .....	100
<b>Дубенок С.А., Захарко П.Н.</b> ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ С УЧЁТОМ ИЗМЕНЕНИЙ В НАЦИОНАЛЬНОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ.....	107
<b>Зайченко Л.Г., Омельченко Н.П., Синезук И.Б.</b> АНАЛИЗ ПОТЕРЬ И НЕУЧТЕННЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ В КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ДОНБАССА .....	112
<b>Каландадзе Б.Б., Трапаидзе В.З, Двалашвили Г.Б.</b> ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ ДОЛИНЫ Р. МАШАВЕРА (ЮГО-ВОСТОК ОТ ТБИЛИСИ) ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ МЕЛИОРАЦИЙ .....	118
<b>Кирвель И.И., Кукшинов М.С.</b> МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ГЕОХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ НА МИНЕРАЛИЗАЦИЮ И ИОННЫЙ СОСТАВ ВОДЫ ЗАРЕГУЛИРОВАННЫХ РЕК.....	127
<b>Коляда В.В.</b> ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ НА ДИНАМИКУ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР .....	134
<b>Корнеев В.Н., Гертман Л.Н, Римкус Э., Волчек А.А., Стоневичус Э., Ануфриев В.Н.</b> РАЗРАБОТКА МЕР ПО АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА В БАССЕЙНЕ РЕКИ НЕМАН .....	140
<b>Коцюба А.С.</b> ОЦЕНКА ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ЖИТОМИР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОТЕСТА НА ЛУКЕ .....	146
<b>Кулеш В.Ф.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СБРОСНОЙ ПОДОГРЕТОЙ ВОДЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ КРЕВЕТОК.....	150

<b>Лихо Е.А., Гакало О.И.</b> ФОРМИРОВАНИЕ РИСКОВ И ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ НАСЕЛЕНИЯ РОВЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ.....	155
<b>Лицкевич А.Н., Гулькович М.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСАДКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД .....	162
<b>Лукашевич В.М.</b> ЭРОЗИОННО-БЕЗОПАСНЫЕ ПОЛИВНЫЕ НОРМЫ ПРИ ПРЕРЫВИСТОМ ДОЖДЕВАНИИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ ..	168
<b>Лукашевич В.М.</b> ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНИКИ ПОЛИВА ПРЕРЫВИСТОГО ДОЖДЕВАНИЯ МАШИНОЙ BAUER RAINSTAR T-61 .....	172
<b>Мажайский Ю.А., Гусева Т.М.</b> ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ РЕК ОКСКОГО БАССЕЙНА .....	178
<b>Максимова С.Е., Прибыловская Н.С.</b> ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ МУХОВЕЦ .....	184
<b>Марченко Ю.Д., Ненашев Р.А.</b> РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАТОПЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕЙ МЕЛИОРАТИВНОЙ СЕТИ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС .....	187
<b>Мешик О.П., Зубрицкая Т.Е., Снитко Ю.О.</b> ПРОБЛЕМЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ РЕЗУЛЬТАТОВ В МЕЛИОРАТИВНОЙ ПРАКТИКЕ .....	191
<b>Михальчук Н.В., Дашкевич М.М., Михальчук С.Н., Галуц О.А.</b> ОСОБЕННОСТИ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА МНОГОТОННАЖНЫХ ОТХОДОВ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА В КОНТЕКСТЕ ПЕРСПЕКТИВ ИХ ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ .....	196
<b>Мусина С.А., Зельдова А.И., Красногорская Н.Н., Малкова М.А., Платонова И.М.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФЛОКУЛЯЦИИ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	203
<b>Назарова В.В.</b> ОЦЕНКА СВЯЗИ МЕЖДУ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ АТМОСФЕРЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОБУСЛОВЛЕННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ЖИТЕЛЕЙ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА .....	211

<b>Нездойминов В.И., Чернышев В.Н., Зятина В.И.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГЛУБОКОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ АКТИВНОГО ИЛА ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ .....	218
<b>Паллу Л.Н., Черенков А.В., Рокочинский А.Н.</b> ПАРАМЕТРЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНО-ВОЗДУШНОГО РЕЖИМА ПОЧВ И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ И РЕЖИМА ОСУШЕНИЯ И ПОДПОЧВЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ .....	225
<b>Пеньковская А.М., Попова Е.Н., Громадская Е.И.</b> АНАЛИЗ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В БАСЕЙНЕ РЕКИ ДНЕПР .....	230
<b>Приходько Н.В., Рокочинский А.Н.</b> ОЦЕНКА И ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИДУНАЙСКИХ РИСОВЫХ СИСТЕМ.....	238
<b>Рокочинский А.Н., Ткачук Н.Н., Ткачук Р.Н.</b> РАСЧЕТ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ РАЗНОУРОВНЕВЫМИ ДРЕНАМИ ДРЕНАЖНО-МОДУЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	245
<b>Рокочинский А.Н., Турченко В.А., Приходько Н.В., Заец В.В.</b> ОЦЕНКА ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ .....	254
<b>Рязанова М.Ю., Чобитько Е.С., Юхневич Г.Г.</b> ИЗМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ИЛА АЭРОТЕНКОВ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ МУТАГЕННОЙ ОБРАБОТКЕ .....	260
<b>Санец Е.В., Кадацкая О.В., Овчарова Е.П.</b> ИНДИКАТОРЫ ОЦЕНКИ ВОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОРОДОВ БЕЛАРУСИ.....	264
<b>Селевич Т.А., Макаревич С.В.</b> СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ ПРУДОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ Г. ГРОДНО .....	269
<b>Челядин Л.І., Мандрик О.М., Челядин В.Л., Богославец М.М.</b> ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ НАФТОПЕРЕРОБНОГО ОБ'ЄКТА.....	274
<b>Чугай Е.О., Дячук О.В., Рокочинский А.Н.</b> НЕОБХОДИМОСТЬ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ .....	279
<b>Шалай С.В., Рокочинский А.Н.</b> РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ ОБОСНОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ПРОЕКТАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА .....	285
СПИСОК АВТОРОВ .....	290

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ  
ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

**Сборник научных статей  
Международной научно-практической конференции**

23-25 апреля 2014 г.

ЧАСТЬ III

Текст печатается в авторской редакции

Ответственный за выпуск: Волчек А.А.  
Редактор: Боровикова Е.А.  
Компьютерный набор и верстка: Романюк И.Н., Соколюк А.П.  
Корректор: Никитчик Е.В.

---

ISBN 978-985-493-289-7



9 789854 932897

Издательство БрГТУ.

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных  
изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.

Подписано в печать 16.04.2014 г. Гарнитура «Arial».

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага Performer.

Уч. изд. л. 18,5. Усл. печ. л. 17,2. Заказ № 318.

Тираж 50 экз. Отпечатано на ризографе

Учреждения образования "Брестский  
государственный технический университет".

224017, г. Брест, ул. Московская, 267.