

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Калюжный, И.Л. Гидрофизические исследования при мелиорации переувлажненных земель / И.Л. Калюжный, К.К. Павлова, С.А. Лавров – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – С. 44-59.
2. Ананян, А.А. Оценка средней толщины пленок в воды в талых и мерзлых тонкодисперсных породах. – В кн.: Связанная вода в дисперсных системах. – М., 1972. – Вып. 2. – С. 106–114.
3. Андрианов, П.И. Тр. Ин-та мерзлотоведения. – М., 1946. – Т. 3. – 138 с.
4. Цытович, Н.А. К теории равновесного состояния воды в мерзлых грунтах. – Изв. Пн СССР. Сер. геофиз. и географ., 1945. – Т. 9, 5. – С. 493–502.
5. Цытович, Н.А. О незамерзшей воде в рыхлых горных породах. – Изв. АН СССР. Сер. геол., 1947. – № 3. – С. 16–19.
6. Нересова, З.А. Инструктивные указания по определению количества незамерзшей воды и льда в мерзлых грунтах. – В кн.: Материалы по лабораторному исследованию мерзлых грунтов. – М., 1954. – Вып. 2. – С. 88–77.

Материал поступил в редакцию 08.02.11

#### GLUSHKO K.A., VODCHITS N.N., SHESHKO N.N. The investigation of the phase composition of soil moisture and its influence on the permeability to water of drained peat-bogs during flood period

The results of the determination of the phase composition of water in drained peat-bogs of the Bobrik River watershed are stated and graphic dependences for the determination of the prognosis power of the impervious to water stratum are built.

УДК 504.43/45.711.4

**Пеньковская А.М., Булак И.А.**

### АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В БАССЕЙНЕ Р. НЕМАН И ЦЕЛЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

**Введение.** Одной из приоритетных проблем, рассматриваемых в схемах комплексного использования и охраны водных ресурсов (СКИОВР), является оценка экологического состояния водных объектов и определение целевых показателей качества воды.

В настоящее время оценка экологического состояния водных ресурсов выполняется параллельно по двум направлениям - количественному и качественному [1].

Оценка экологического состояния по количественному направлению сводится к расчётам водохозяйственных балансов. Для классификации (оценки) экологического состояния по степени использования водных ресурсов наиболее информативными являются такие характеристики, как коэффициент использования речного стока (КИР), коэффициент безвозвратного водопотребления (КБВ) и др. [2].

Оценка качества воды для различных видов водопользования, основанная на сопоставлении результатов исследований в отдельных точках водного объекта химического состава, физических свойств и других характеристик воды с соответствующими нормативными показателями её качества является недостаточной для объективной оценки качества воды изучаемого водного объекта.

Общее число известных методов комплексных оценок качества достаточно велико, но ни один из них не отражает всего многообразия свойств водного объекта.

В настоящее время в республике с целью компактного представления значения качества воды, т.е. выражения качества не более, чем одной-двумя числовыми характеристиками, выполняются расчёты индексов загрязнённости воды (ИЗВ), рассчитываемые как среднеарифметическое значение шести приоритетных показателей в долях соответствующих предельно допустимых концентраций (ПДК), и гидробиологические показатели, оценивающие состояние водных экологических систем с использованием стандартных индексов (сапробности, видового разнообразия и т.д.).

По сути, классификация водных объектов по экологическому состоянию отсутствует.

В международной практике при классификации водных объектов в основу положены основные принципы Водной Рамочной Директивы (ВРД), которая предусматривает несколько типов классификации водных объектов. С целью оценки состояния водного объекта для каждого типа поверхностных вод должны определяться эталонные

объекты сравнения (эталонные условия) по гидроморфологическим, биологическим и физико-химическим показателям. Эталонные условия должны соответствовать высшему экологическому статусу (высокое качество экологического состояния) [3].

В целях гармонизации республиканских подходов к оценке экологического состояния водных объектов с международной практикой, в РУП «ЦНИИКИВР» выполнена работа по определению эталонных показателей и классификации речных вод по пятиклассной системе [4]. Предложенная в этой работе методика использована для оценки экологического состояния основных водотоков бассейна р. Неман.

**Классификация речных вод в бассейне р. Неман.** Оценка экологического состояния речных экосистем в бассейне р. Неман основана на использовании эталонных показателей, приведенных в таблице 1. Для определения класса качества водотоков параметры одинаковой природы или одинакового действия объединены в 11 подгрупп показателей качества, которые в свою очередь объединены в 2 группы: физико-химические (органические и окисляемые вещества, азотсодержащие вещества, нитраты, фосфорсодержащие вещества, взвешенные вещества, минерализация, окисление, металлы, загрязняющие вещества) и биологические (фитоперифитон, макрозообентос) показатели качества воды.

Анализ проведен для всех пунктов наблюдений в бассейне р. Неман, по которым имеются совместные наблюдения за химическим и гидробиологическим состоянием речных вод. Оценка качества водотоков произведена по данным за 2009 год.

После статистической обработки данных наблюдений за качеством воды и выбраковки сомнительных данных выбирались наихудшие значения по каждому параметру из наблюдаемых в течение года.

Определение класса качества водотока включало в себя определение класса качества каждого параметра (по таблице 1), затем наихудший из классов параметров определял класс качества подгруппы. Следующий шаг – определение класса качества групп - проходил двумя способами. Для группы физико-химических показателей класс качества воды определялся с помощью баллов, присвоенных соответствующим 9 подгруппам в соответствии с [4]. Класс качества группы биологических показателей определялся классом качества составляющей его единственной подгруппы. Класс качества водотока определялся по наихудшему классу групп [4].

**Пеньковская А.М.**, зав. сектором использования водных ресурсов РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», [asyap@rambler.ru](mailto:asyap@rambler.ru).

**Булак И.А.**, аспирант, РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», [i\\_bulak@mail.ru](mailto:i_bulak@mail.ru).

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

Таблица 1. Перечень эталонных показателей и система классификации качества речных вод для бассейна р. Неман

Класс качества	1 (Отличное)	2 (Хорошее)	3 (Умеренное)	4 (Неудовлетворительное)	5 (Плохое)
<b>1 – Органические и окисляемые вещества</b>					
Растворенный кислород (мг/дм <sup>3</sup> )	>7,7	6,7	4,7	3,7	<3,7
БПК <sub>5</sub> (мг/дм <sup>3</sup> O <sub>2</sub> )	<1,75	6	10	25	>25
Бихроматная окисляемость (мг/дм <sup>3</sup> O <sub>2</sub> )	18,0	30	40	80	>80
<b>2 – Азотсодержащие вещества</b>					
Азот аммонийный (мг/дм <sup>3</sup> )	0,18	0,39	0,975	1,56	>1,56
Азот нитритный (мг/дм <sup>3</sup> )	0,01	0,02	0,05	0,08	>0,08
Азот общий (мг/дм <sup>3</sup> )	1,5	5,0	12,5	20,0	>20,0
<b>3 – Нитраты</b>					
Азот нитратный (мг/дм <sup>3</sup> )	1,43	9,1	22,75	36,4	>36,4
<b>4 – Фосфорсодержащие вещества</b>					
Общий фосфор (мг/дм <sup>3</sup> )	0,032	0,2	0,5	0,8	>0,8
Фосфор фосфатный (мг/дм <sup>3</sup> )	0,014	0,2	0,5	0,8	>0,8
<b>5 – Взвешенные вещества</b>					
Взвеси (мг/дм <sup>3</sup> )	7,0	25	38	50	>50
<b>6 – Минерализация</b>					
Хлориды (мг/дм <sup>3</sup> )	9,5	300	750	1200	>1200
Сульфаты (мг/дм <sup>3</sup> )	18,3	100	250	400	>400
<b>7 – Окисление</b>					
рН					
минимум	6,5	6,0	5,5	4,5	<4,5
максимум	8,2	8,5	9,0	10	>10
<b>8 – Металлы (растворенные)</b>					
Кадмий (мг/дм <sup>3</sup> )	0,002	0,005	0,0125	0,02	>0,02
Общий хром (мг/дм <sup>3</sup> )	0,001	0,005	0,0025	0,004	>0,004
Никель (мг/дм <sup>3</sup> )	0,002	0,01	0,025	0,04	>0,04
Свинец (мг/дм <sup>3</sup> )	0,006	0,1	0,25	0,40	>0,4
Медь (мг/дм <sup>3</sup> )	0,005	0,006	0,0075	0,009	>0,009
Цинк (мг/дм <sup>3</sup> )	0,012	0,022	0,037	0,052	>0,052
Железо (мг/дм <sup>3</sup> )	0,4	0,5	0,65	0,8	>0,8
Марганец (мг/дм <sup>3</sup> )	0,062	0,072	0,087	0,102	>0,102
<b>9 – Гидробиология</b>					
Фитоперифитон Индекс сапробности (баллы)	1,87	2,37	3,37	4,37	>4,37
Макрозообентос Биотический индекс по Вудивиссу	9	6	5	2	<2
<b>10 – Загрязняющие вещества</b>					
Нефтепродукты (мг/дм <sup>3</sup> )	0,02	0,05	0,125	0,2	>0,2
Фенолы (мг/дм <sup>3</sup> )	0	0,001	0,0025	0,004	>0,004
СПАВ (мг/дм <sup>3</sup> )	0,025	0,1	0,25	0,4	>0,4

Таблица 2. Классификация качества речных вод в бассейне р. Неман

Река-створ	Класс качества по физико-химическим показателям	Класс качества по гидробиологическим показателям	Класс качества
р. Неман-Николаевщина	56 (хорошее)	2 (хорошее)	2 (хорошее)
р. Неман-Столбцы	64 (хорошее)	2 (хорошее)	2 (хорошее)
р. Неман-Мосты	58 (хорошее)	2 (хорошее)	2 (хорошее)
р. Неман-Гродно	58 (хорошее)	2 (хорошее)	2 (хорошее)
р. Неман-Привалка	60 (хорошее)	2 (хорошее)	2 (хорошее)
р. Лидея	58 (хорошее)	2 (хорошее)	2 (хорошее)
р. Щара	58 (хорошее)	2 (хорошее)	2 (хорошее)
р. Россь	64 (хорошее)	2 (хорошее)	2 (хорошее)
р. Вилия-Вилейка	56 (хорошее)	2 (хорошее)	2 (хорошее)
р. Вилия-Сморгонь	52 (умеренное)	2 (хорошее)	3 (умеренное)
р. Уша	48 (умеренное)	3 (умеренное)	3 (умеренное)
р. Зельвянка	58 (хорошее)	2 (хорошее)	2 (хорошее)
р. Свислочь	60 (хорошее)	1 (отличное)	2 (хорошее)
р. Котра	60 (хорошее)	1 (отличное)	2 (хорошее)
р. Гожка	60 (хорошее)	2 (хорошее)	2 (хорошее)
р. Сервечь	56 (хорошее)	1 (отличное)	2 (хорошее)
р. Илия	56 (хорошее)	1 (отличное)	2 (хорошее)
р. Кринка	58 (хорошее)	2 (хорошее)	2 (хорошее)
р. Сула	62 (хорошее)	1 (отличное)	2 (хорошее)
р. Западная Березина	58 (хорошее)	2 (хорошее)	2 (хорошее)

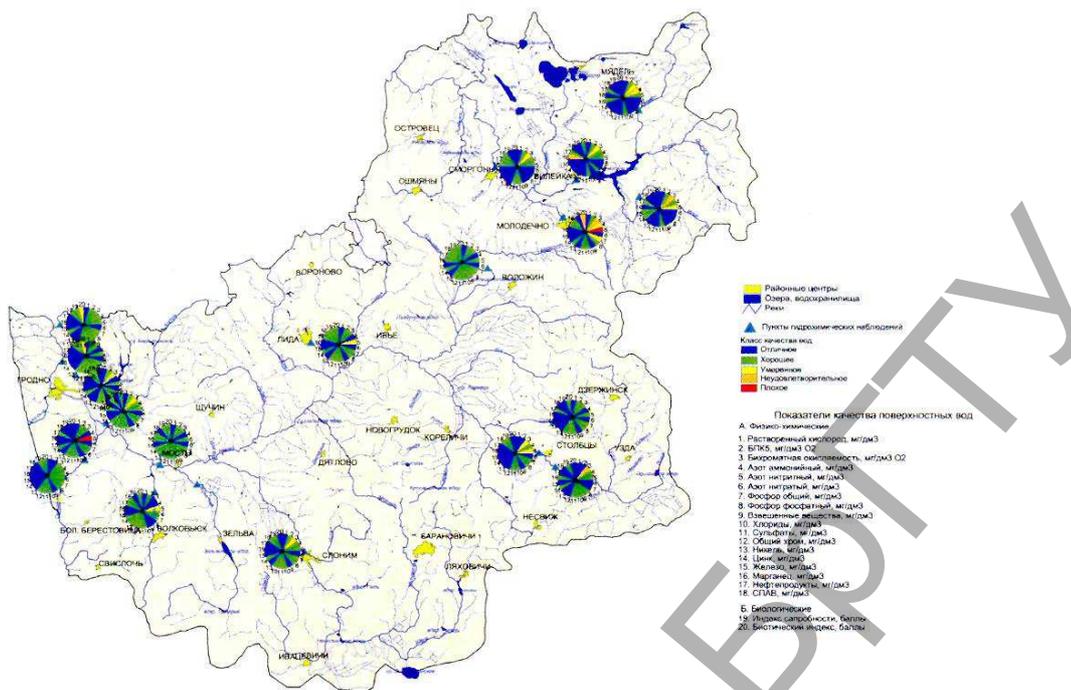


Рис. 1. Карта-схема оценки качества вод бассейна р. Неман

Обобщённые данные по определению классов качества речных вод в речных створах бассейна р. Неман приведены в таблице 2.

Для наглядности результатов с использованием ГИС-технологий была построена карта-схема оценки экологического состояния водных объектов (рисунок 1), где с помощью круговых диаграмм показана качественная характеристика соответствующего параметра. Каждому классу качества соответствует свой цвет. Первый класс качества (отличное) имеет синий цветовой код, второй (хорошее) – зелёный, третий (умеренное) – жёлтый, четвёртый (неудовлетворительное) – оранжевый, пятый (плохое) – красный.

Таким образом, основные водные объекты бассейна р. Неман характеризуются согласно классификации хорошим либо умеренным качеством вод, а соответствующие параметры на карте представлены в основном синим и зеленым цветами.

**Целевые показатели (ЦП).** В соответствии с принципами ВРД на основе анализа экологической обстановки в бассейнах рек должны устанавливаться целевые показатели с обозначенными сроками их реализации.

Целевые показатели – значения физических, химических, радиационных, микробиологических характеристик воды в водном объекте, а также характеристик состояния водной экосистемы, которые должны быть достигнуты в установленные сроки. Разработка целевых показателей предусмотрена Рамочной водной директивой ЕС. Основная цель разработки целевых показателей – определение целей управления для конкретного водного объекта с детальным учетом природных и антропогенных факторов [5].

Для расчета целевых показателей была проанализирована динамика концентраций основных загрязняющих веществ в створах водотоков бассейна р. Неман за 10 летний период. Для каждого створа вычислялся верхний квартиль (3/4 наблюдаемых значений лучше, чем ЦП), который и является значением целевого показателя.

Для сравнения значений ПДК рыбохозяйственных и ЦП были построены диаграммы, на которых приведены кратности превышения наблюдаемых значений (факт) над ПДК и ЦП (чем дальше от центра, тем больше превышение). Зона непревышения (кратность=1) – черный кружок в центре диаграммы. В качестве примера на рисунке 2 приведена диаграмма для створа р. Неман – 0,6 км ниже г. Столбцы (слева). Из диаграммы видно, что высокие концентрации железа и цинка обусловлены в основном природными факторами. Зато выявляется загрязнение органическими веществами (по

БПК5 и ХПК), на что следует обратить внимание при планировании мероприятий по снижению поступления загрязняющих веществ.



Рис. 2. Результаты сравнения целевых показателей с предельно допустимыми концентрациями для створа р. Неман – 0,6 км ниже г. Столбцы

**Заключение.** Выполненная для бассейна р. Неман оценка экологического состояния основных водотоков по эталонным показателям направлена на гармонизацию основных положений оценки и регулирования качества вод в Республике Беларусь с международной практикой и соответствует требованиям Водной Рамочной Директивы. Построенная с помощью ГИС-технологий карта-схема позволяет наглядно отразить результаты оценки по 20 показателям качества водных ресурсов.

Установление целевых показателей качества вод с помощью изложенной методики играет важную роль в выяснении истинных причин высоких концентраций того или иного вещества. Применение ЦП вместо ПДК при регулировании водохозяйственной деятельности создаёт возможность учета особенностей бассейнов конкретных водных объектов, тем самым, обеспечивая более высокую обоснованность поставленных задач.

Таким образом, установление ЦП позволит при разработке планов водоохранных мероприятий сконцентрировать усилия на реальных проблемах бассейна, а не на «мнимых», основанных на сравнении качества воды с ПДК рыбохозяйственными. Это, в свою очередь, приведет к повышению эффективности использования доступных материальных ресурсов.

**СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Яцык, А.В. Экологические основы рационального водопользования. – К.: Изд-во «Генеза», 1997. – 640 с.
2. Войтов, И.В. Научные основы рационального управления и охраны водных ресурсов трансграничных рек для достижения устойчивого развития и эколого-безопасного водоснабжения Беларуси / И.В. Войтов; [Науч. ред. Э.И. Михневич]. – М.: Современное слово, 2000. – 475 с.
3. Калинин, М.Ю. Законодательство Республики Беларусь в области водных ресурсов и водная рамочная директива Европейского Союза. Руководство для специалистов / М.Ю. Калинин, А.М. Пеньковская, А.М. Самусенко [Под ред. М.Ю. Калинина]. – Мн.: Арт-Пресс, 2003. – 136 с.
4. Разработать и апробировать систему оценки экологического состояния рек с использованием эталонных показателей: отчет о НИР (заключ.) / Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов; рук. А.П. Станкевич. – Минск, 2008. – 177 с. – № ГР 20063015.
5. Беляев, С.Д. Использование целевых показателей качества воды при планировании водохозяйственной деятельности // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – М.: Издательство ФГУП "Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов". – 2007. – № 3. – С. 3.

*Материал поступил в редакцию 22.03.11*

**PENKOVSKAYA A.M., BULAK I.A. The analysis of an ecological condition of water resources in pool r. Neman and target parameters of quality of waters with use of GIS-TECHNOLOGIES**

The technique of an estimation of an ecological condition of water resources is given on the basis of application of the basic principles of the Water Frame Instruction for classification of water objects of pool and target parameters of quality of water. On an example of pool r. Neman with use of GIS-TECHNOLOGIES the card – circuit of an estimation of an ecological condition of water objects is constructed.

УДК 556.5

**Волчек А.А., Шешко Н.Н.**

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТРАНСФОРМАЦИИ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ  
(НА ПРИМЕРЕ ООПТ «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»)**

**Постановка проблемы.** Беловежская пуца является уникальным памятником нетронутой природы европейского континента, включенным в список всемирного природного наследия ЮНЕСКО, согласно документам которого: «экологическая ценность Беловежской пуцы заключается в том, что на этой территории сохранился древний реликтовый широколиственный лес, который, по сравнению с другими низинными лесами Европы, является мало нарушенным хозяйственной деятельностью человека» [1]. Увеличение интенсивности хозяйственной деятельности требуют все более новых подходов к мониторингу и сохранению заповедных лесных массивов. Беловежская пуца представляет собой крупный массив с наличием большого числа микросистем, имеющих различные биологические и гидрологические характеристики.

Малая гидрографическая сеть является важным компонентом любого природного комплекса, в том числе и Беловежской пуцы, а её состояние – индикатором тенденций к изменениям такого рода комплексов. Малая гидрографическая сеть представляет собой совокупность истоков, малых рек, небольших водоемов естественного и искусственного происхождения. Изучению различных аспектов формирования водных ресурсов и качества воды малых равнинных рек посвящено много исследований [2; 3; 4]. В них рассмотрен ряд общих и региональных закономерностей формирования и методов расчета жидкого, твердого и химического стока, характеристик их хозяйственного использования, намечены пути оздоровления малых рек. По особо охраняемой природной территории «Беловежская пуца» (ООПТ БП) такого рода исследованиями занимались И.В. Толкач, П.Ф. Химин, Б.П. Савицкий и др., результаты изложены в работах [5; 6; 7; 8; 9 и др.].

Как один из элементов природных комплексов можно выделить малые реки с ландшафтами их бассейнов. Формирующие своеобразные «узлы» ландшафта, реки достаточно сильно реагируют на вмешательство различного рода. Это, в свою очередь, приводит к серьезным функциональным изменениям в экосистемах. Учет и анализ данных взаимодействий являются основой при разработке мероприятий по сохранению и восстановлению природной среды (планов управления).

Для решения данных задач требуется подробная информация о состоянии, тенденции изменений, генезисе, структуре ландшафтов. Многими учеными малые реки определялись как своеобразные гео-

системы, состоящие из генетически неоднородных долинно-речных и межречных ландшафтов. Развитие и функционирование ландшафтов ООПТ БП связано с режимом движения русловых потоков и их энергетикой [10; 11]. Проблемы спецификации долинно-речных и межречных ландшафтов уже давно привлекли исследователей [12].

Изменение ландшафтов малых рек ООПТ БП происходит под влиянием естественных и антропогенных факторов.

К естественным факторам трансформации речных бассейнов природно-территориального комплекса относятся геолого-геоморфологические, гидрологические, климатические и др. Из последних наиболее масштабных трансформаций малой гидрографической сети данной территории можно отметить геолого-морфологические преобразования, вызванные воздействием Днепровского и Московского оледенения. Данный факт подтверждают встречающиеся периферийные ледниковые формы рельефа (гряды, холмы и т.д.) среди флювиогляциальных отложений, в которых протекали активные аллювиальные, озерные и болотные процессы, приведшие к появлению заболоченных и плоских озерно-аллювиальных равнин и обширных речных террас. Трансформация, обусловленная карстовыми процессами не характерна для ООПТ БП, так как при анализе геологического разреза по существующим гидрогеологическим створам не выявлено характерных горных пород. Эрозионно-аккумулятивные и оползневые процессы также не характерны для данной территории, в связи с малой врезкой русла рек и значительной шириной поймы.

Одним из наиболее важных факторов трансформации ландшафтов бассейнов малых рек является климат. Влияние его носит разнонаправленный характер. В зависимости от циклов по водности лет (главным образом, многолетних) происходит изменение структурно-динамической организации речных комплексов. В работе [13] представлены изменения водного режима при различных сценариях изменения климата в будущем. Так, согласно данной работе, увеличение температуры воздуха на 2 °С и уменьшение годовых атмосферных осадков на 10 % приведет к снижению речного стока на территории Брестской области на 29,3 %. Наиболее трансформированным будет сток в летние месяцы, что наиболее негативно для малых рек. В отличие от многоводных периодов, в засушливые циклы наблюдается резкое уменьшение поверхностного стока, обмеление пойм и пересыхание постоянных водотоков.