

18. DHI. MIKE 3 Sediment Transport Module ST - Scientific Documentation [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.mikepoweredbydhi.com>. – Data dostupa: 01.07.2024.
19. Kurushin A.A. Reshenie mul'tifizicheskikh SVCh zadach s pomoshh'ju SAPR COMSOL – M., «One-Book», 2016. – 376 s.
20. Kosicin, D. Ju. Jazyk programmirovaniya Python: ucheb.-metod. posobie / D. Ju. Kosicin. – Minsk: BGU, 2019. – 136 s.
21. Aleksandrov, D. V. Vvedenie v gidrodinamiku: ucheb. posobie /D. V. Aleksandrov, A. Ju. Zubarev, L. Ju. Iskakova. – Ekaterinburg: Izd-vo Ural, un-ta, 2012. – 112 s.
22. Ankudinov V. E., Afljatunova D. D., Krivilev M. D., Gordeev G. A. Komp'yuternoe modelirovanie processov perenosa i deformatsij v sploshnyh sredah: Uchebnoe po-sobie. 1-eizdanie. – Izhevsk: Izd-vo «Udmurtskij universitet», 2014. – 108 s.
23. Kolesnichenko, V.I. Vvedenie v mehaniku neszhimaemoj zhidkosti: ucheb. posobie / V.I. Kolesnichenko, A.N. Sharifulin. – Perm' : Izd-vo Perm. nac. issled. politehn. un-ta, 2019. – 127 s.
24. Kalugin, A. S. Krylenko, I. N. Matematicheskoe modelirovanie dvizhenija pavodochnoj volny pri ispol'zovanii ishodnoj informacii razlichnoj detal'nosti / A. S. Kalu-gin, I. N. Krylenko // Vodnoe hozjajstvo Rossii. – 2014. – №3. – S.138-145.
25. Melezh, T.A. Inzhenerno–geologicheskaja ocenka jekzodinamicheskikh rezhimov doliny reki Pripjat' i prilegajushhih territorij / T. A. Melezh, A. I. Pavlovskij //VESTNIK VGU. SERIJa: GEOLOGIJa. 2015 № 3 – S.122 – 124.
26. Mihnevich, Je.I. Propusknaja sposobnost' rusel reguliruemyh rek i vodootvodjashhih kanalov / Je.I. Mihnevich // Prirodnaja sreda Poles'ja: osobennosti i perspektivy razvitija: sb. nauch. tr. Vyp. 1: v 2 t. – T. 2. Vodnye resursy Poles'ja.– Brest : Al'terna-tiva, 2008. – S. 38–41.

УДК 91:504

## ОЦЕНКА СЕНСОРНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ВОДОСБОРОВ БАССЕЙНА Р. ЯСЕЛЬДЫ

*А. А. Волчек, д. г. н., профессор, профессор кафедры природообустройства,  
Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,  
e-mail: Volchak@tut.by*

*И. В. Окоронко, ст. преподаватель кафедры биологических и химических  
технологий, Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина,  
Брест, Беларусь, e-mail: okoronko2007@ya.ru*

### Реферат

В статье рассмотрены современные подходы к экологическому нормированию качества почв бассейна р. Ясельды посредством анализа почв по степени гидроморфизма. При нарастании степени гидроморфизма возрастает восстановительный потенциал почв, способствующих накоплению как общего, так и легкогидролизуемого азота. Гидроморфизм почв влияет на подвижность фосфатов в почвах. Согласно используемой методике, были рассчитаны показатели сенсорности почвенного покрова для выделенных элементарных водосборов речного бассейна по отношению к загрязнению азотом и фосфором.

**Ключевые слова:** сенсорность почвенного покрова, гидрографическая сеть, речные бассейны, факторы антропогенной нагрузки, сенсорность почв, загрязнение азотом и фосфором.

# ASSESSMENT OF THE SENSORITY OF SOIL COVER OF ELEMENTARY WATERSHEDS IN THE YASELDA RIVER BASIN

A. A. Volchak, I. V. Akoronka

## Abstract

The article discusses modern approaches to environmental regulation of soil quality in the river basin. Yaselda, by analyzing soils according to the degree of hydromorphism. With an increase in the degree of hydromorphism, the restoration potential of soils increases, promoting the accumulation of both total and easily hydrolyzed nitrogen. Soil hydromorphism affects the mobility of phosphates in soils. According to the methodology used, the soil cover sensitivity indicators for the selected elementary watersheds of the river basin in relation to nitrogen and phosphorus pollution were calculated.

**Key words:** soil sensitivity, hydrographic network, river basins, anthropogenic load factors, soil sensitivity, nitrogen and phosphorus pollution.

## Введение

В результате интенсивного освоения территории Белорусского Полесья происходит усиление антропогенной нагрузки на окружающую природную среду, что приводит, в некоторых случаях, к ухудшению качественного состояния поверхностных вод. Главным условием нормального функционирования любой речной экосистемы является не только достаточность, но и надлежащее качество ее воды. Интенсивное использование почв в условиях современного сельскохозяйственного производства оказывает существенное влияние на трансформацию гумусовых соединений и круговорот веществ в целом, что часто приводит к потере органического вещества почвы, снижению плодородия, усилению эрозионных процессов и т. д. Для разработки оптимальных путей сохранения органического вещества почвы и предотвращения развития нежелательных явлений и процессов необходимо проведение исследований взаимосвязи содержания органического вещества и показателей биологической активности почвы, важное место среди которых принадлежит оценке содержания в них как химических элементов, так и различных загрязняющих веществ.

Цель исследований заключается в оценке сенсорности почвенного покрова элементарных водосборов бассейна реки Ясельды с использованием современных информационных технологий. Объект исследования – почвы элементарных водосборов бассейна р. Ясельды.

Длина р. Ясельды составляет 250 км. Берет исток из болота Дикое в 4 км к северу от д. Клепачи Пружанского района вблизи восточной границы Национального парка «Беловежская пуща» и впадает в р. Припять, в 3 км северо-западнее д. Качановичи Пинского района. В верховье течет по Прибугской равнине, далее – по Припятскому Полесью, относится к бассейну Черного моря. Река имеет невыраженную долину шириной 2–4 км, максимальная ширина составляет 6–8 км. Пойма реки двухсторонняя, в среднем течении имеет ширину 0,8–1,2 км, в нижнем – 1,5–6 км. Русло реки канализовано на протяжении 39 км от истока, а также 15 км на территории Березовского района. На неканализованных участках русло очень извилистое, имеет ширину 10–40 м, максимальная ширина – 80 м. Имеет правые (реки Кречет, Башта, Чернявка, Плеса, канал

Винец) и левые (реки Мацовка, Хотова, Федоска, Орля, Жигулянка, канал Огинский) притоки.

Река Жигулянка образуется в результате слияния рек Орли и Федоски в 9 км севернее д. Бронная Гора Березовского района. Длина реки составляет 58 км, впадает в озеро Черное в Березовском районе. После выхода из озера река называется Дорогобуж. Впадает в реку Ясельда в 3 км севернее д. Кокорица Дрогичинского района. Река Орля берет начало в 5 км юго-западнее д. Хрищеновичи Ивацевичского района, протекает по заболоченной и лесистой территории, длина составляет 14 км. Русло почти полностью канализовано. Исток реки Федоска расположен в 4 км южнее д. Иодчики Ивацевичского района, длина – 22 км.

Исток реки Кречет находится в 2 км западнее д. Оницевичи Березовского района, протекает через г. Березу и на его восточной окраине впадает в реку Ясельду. Длина составляет 26 км. Русло канализовано на всем протяжении реки.

До сравнительно недавнего времени канал Винец был рекой. На всех географических картах до 1960-х гг. Винец обозначен как река. Затем, в результате мелиорации и спрямления, река превратилась в канал. Берет начало в 3-х км к юго-западу от д. Россохи Пружанского р-на, впадает в р. Ясельду в 1 км севернее д. Матвеевичи Березовского района. Длина составляет 71 км. Основные притоки: река Чернявка, каналы Давыдовичский, Черничный, Залужьевский, Мошковичский, Ястребельский. В пойме канала Винец в Березовском районе построены наливные пруды около д. Малеч, (площадь водного зеркала 2,9 га), д. Лукомер (0,5 га), д. Павловичи (6,3 га). Река Чернявка является левым притоком канала Винец. Берет начало мелиоративным каналом в 2 км юго-западнее д. Ворожбиты Березовского района. Русло реки на всем протяжении канализировано, длина составляет 33 км. В 1 км южнее аг. Ревятичи Березовского района впадает в канал Винец.

Канал Огинский был построен в 1783 г., соединив реки Ясельду и Щар, таким образом, соединив бассейны Черного и Балтийского морей. Частью канала являются озера Выгонощанское и Вульковское. Длина канала составляет 54 км.

### Материалы и методы

Суть методики представляет собой определенную последовательность проведения следующих исследований.

1. Выбор операционной типологической единицы рассмотрения (элементарный водосбор, бассейн малой реки и др.). Посредством геоинформационного картирования было выделено восемь элементарных водосборов (рисунок 1).

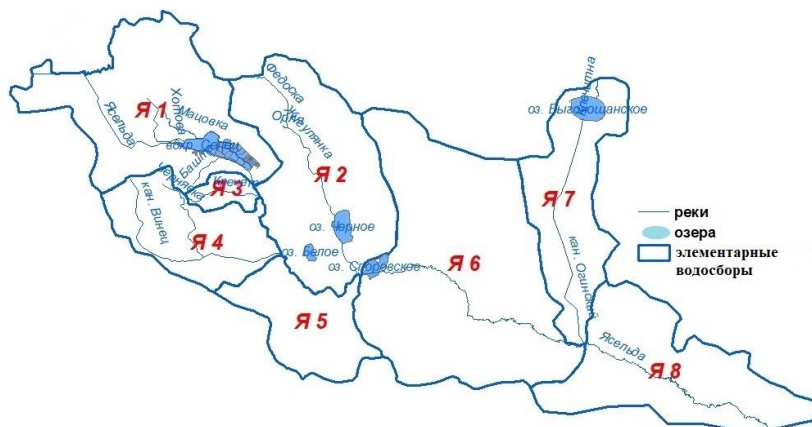


Рисунок 1 – Элементарные водосборы р. Ясельды

2. *Выявление основных факторов антропогенной нагрузки и оценка их количественных характеристик.* Оценка поступления биогенных элементов (азот и фосфор) проводилась на основании анализа ряда экспериментальных работ [5–16] в соответствии с разработанной методикой на основании обработки полученной статистической информации по численности городского и сельского населения и показателям сельскохозяйственного производства (численность сельскохозяйственных животных, количество вносимых минеральных удобрений).

Объекты сельскохозяйственного производства, представленные как сельскохозяйственными землями, так и производственными объектами (животноводческие фермы и комплексы, птицефабрики, места хранения органических и минеральных удобрений) представляют собой источники повышенной биогенной нагрузки и опасности. Интенсификация сельскохозяйственного производства, использование минеральных и органических удобрений, а также поверхностный сток с селитебных территорий и атмосферные осадки могут вызвать изменение величины и направленности потоков биогенных веществ.

Антропогенная нагрузка от животноводства на выделенные водосборные территории оценивалась по объему твердых и жидких отходов и содержащемуся в них количеству действующего вещества. Расчет биогенной нагрузки выполнялся исходя из численности проживающего населения. Для расчета эмиссии БЭ составлен полный перечень всех населенных пунктов и жителей (данные имеют географическую привязку), а также сведения о наличии либо отсутствии центральной канализации. В материалах HELCOM (исполнительный орган Конвенции по защите морской среды региона Балтийского моря от всех источников загрязнений и реализуется в рамках межправительственного сотрудничества Германии, Дании, Европейского союза, Латвии, Литвы, Польши, России, Финляндии, Швеции и Эстонии (Хельсинкская конвенция)) [17] расчет биогенной нагрузки  $P_{\text{общ}}$  и  $N_{\text{общ}}$  предлагается проводить при следующих значениях нагрузки от одного жителя: 0,9 кг P/год и 4,4 кг N/год.

При расчетах диффузного загрязнения принято, что при отсутствии центральной канализации нагрузка от населения поступает в подземный сток в пределах населенных пунктов и выносится равномерно в течение года. При этом механическая очистка не сказывается на содержании биогенных элементов в сточных водах, а биологическая очистка сточных вод приводит к снижению концентрации  $P_{\text{общ}}$  на 30 %,  $N_{\text{общ}}$  на 50 %. Содержание  $P_{\text{общ}}$  и  $N_{\text{общ}}$  в отходах жизнедеятельности сельскохозяйственных животных, кг/год на 1 голову:  $P_{\text{общ}}$  для КРС – 42,0, для свиней – 13,2, для птицы – 1,4,  $N_{\text{общ}}$  для КРС – 82,1, для свиней – 31,2, для птицы – 1,5. При определении количеств азота и фосфора, внесенных с минеральными удобрениями, использовалось соотношение NPK 22 : 11 : 11. В соответствии с требованиями HELCOM приняты ограничения по внесению не более 170 кг/га азота и не более 25 кг/га фосфора.

Для определения выноса биогенных элементов с территории элементарных водосборов использована методика, предложенная коллективом белорусских ученых [18]. Сущность методики заключается в определении сенсорности почвенного покрова к загрязняющим биогенным элементам (азот и фосфор). По определению М. А. Глазовской [19], сенсорность – это ответная реакция почв на определенный вид техногенного воздействия, проявляющаяся в усилении подвижности и доступности для организмов химических элементов в токсичных для биоты формах и концентрациях. По ее мнению, при оценке сенсорности

почвенного покрова необходимо учитывать связь между свойствами почв и накоплением химических веществ в них в подвижных формах. Определение показателя сенсорности почвы производилась исходя из анализа почв по степени гидроморфизма. При нарастании степени гидроморфизма, возрастает восстановительный потенциал почв, способствующих накоплению как общего, так и легкогидролизуемого азота. Гидроморфизм почв влияет на подвижность фосфатов в почвах. Таким образом, с увеличением степени гидроморфизма наблюдается переход фосфатов в трудноусвояемые формы. По степени увлажнения были выделены 5 типов почв: автоморфные, контактно- и глубокооуглеенные, временно избыточно увлажняемые, глееватые и глеевые. В таблице приведены балльные значения для оценки сенсорности почвы к загрязнению биогенными элементами.

Таблица 1 – Шкала показателей, контролирующих сенсорность почвы к загрязняющим биогенным элементам, баллы

Признаки и градации показателей	Загрязняющие химические вещества	
	Азот	Фосфор
Автоморфные	0,8	4
Контактно- и глубокооуглеенные	1,6	3,2
Временно избыточно увлажненные	2,4	2,4
Глееватые	3,2	1,6
Глеевые	4	0,8

Сочетание почвенного покрова по сенсорности к конкретному загрязняющему веществу оценивалась по формуле

$$C_{\text{сп}} = (A_1 * x + A_2 * y + A_3 * z + A_m * n) / S, \quad (1.1)$$

где,  $C_{\text{сп}}$  – сенсорность почвенного покрова к индивидуальному веществу, балл;  $A_1, A_2, A_3, A_m$  – сенсорность почвенных разновидностей к индивидуальному веществу, балл;  $x, y, z, \dots, n$  – площади почвенных разновидностей, входящих в состав почвенного покрова, км<sup>2</sup>;  $S$  – площадь элементарного водосбора, км<sup>2</sup>.

3. *Картографирование выявленных природных и антропогенных факторов для выбранных типологических единиц рассмотрения.* Необходимый материал был получен путем обработки картографических и справочных материалов. Все расчеты и картосхемы проводились с использованием приложения ArcGIS 10.3. Исходная база данных формировалась по справочным материалам землеустроительных служб, отчетов статистического комитета, сельских исполнительных комитетов, а также комитета по сельскому хозяйству и продовольствию Брестского исполнительного комитета. Часть данных было получено с помощью созданной геоинформационной системы путем пересечения различных тематических карт.

4. *Анализ полученных результатов исследования.*

#### **Результаты и обсужден.**

Бассейн р. Ясельды расположен на территории восьми административных р-нов (Пружанского, Березовского, Ивацевичского, Дрогичинского, Ивановского, Пинского, Ляховичского и Ганцевичского) Брестской обл.

Население водосбора Ясельды составляет 130,1 тыс. чел. (50,0 тыс. городское и 80,1 тыс. сельское). Население проживает в 350 населенных пунктах, из которых три города районного подчинения (Береза, Белоозерск, Коссово), два поселка городского типа (Телеханы, Логишин), 45 агрогородков, 300 сельских населенных пунктов (297 деревень, 3 поселка) [20]. Исследуемый регион характеризуется невысокой степенью антропогенной освоенности территории. Средняя плотность населения составляет 22,9 чел./км. В границах бассейна расположено 52 предприятия агропромышленного комплекса и свыше 150 фермерских хозяйств (рисунок 2).

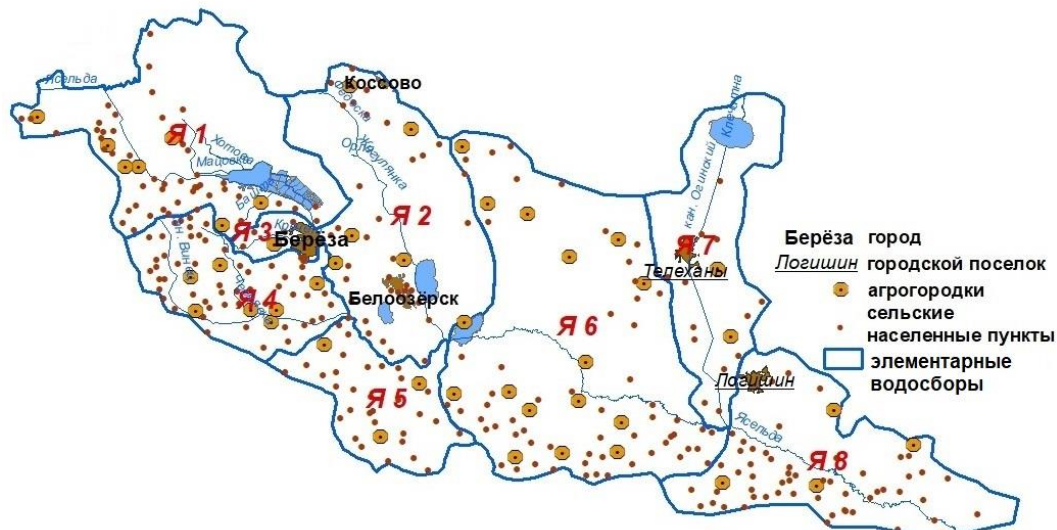


Рисунок 2 – Размещение населенных пунктов в границах бассейна

Характеристика антропогенных источников антропогенного поступления биогенных элементов представлены в таблице 2.

В таблице 3 представлены оценки массы биогенных веществ, формирующейся за счет антропогенной нагрузки на элементарных водосборах р. Ясельды.

Наибольшее количество Нобщ. поступает в пределах водосборов Я3 (124,4 кг/га) и Я4 (122,0 кг/га), соответственно Робщ. – на водосборах Я1 (43,9 кг/га) и водосборе Я4 (41,8 кг/га). В границах бассейна р. Ясельды превышение по азоту не фиксируется, а по фосфору превышения фиксируются на элементарных водосборах Я1, Я3, Я4, Я6 и Я8.

Таблица 2 – Антропогенные источники поступления биогенных элементов в бассейн р. Ясельды

Элементарный водосбор	Численность населения, тыс. чел. (2018 г.)		Численность сельскохозяйственных животных, тыс. гол.			Количество вносимых минеральных удобрений, тыс. т. д. в.
	городское	сельское	КРС	свиней	птицы	
Я 1	0	5,6	69,4	35,6	0	14,9
Я 2	14,4	12,7	23,8	0	215,0	3,9
Я 3	29,5	3,0	2,3	2,4	0	1,0
Я 4	0	9,7	24,2	0	0	4,3
Я 5	0	4,5	13,8	0	0	1,9
Я 6	0	20,8	65,9	0	0	15,0
Я 7	4,0	4,6	14,8	0	0	2,9
Я 8	2,2	19,3	51,3	16,4	0	7,8



Таблица 3 – Количество поступающих биогенных элементов в элементарные водосборы бассейна р. Ясельды, тонн

Водосбор	Итого от всех источников		Нагрузка от населения		Нагрузка от сельского хозяйства			
					от животноводства		от минеральных удобрений	
	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор
Я 1	9973,8	4101,0	24,5	5,0	6379,3	3203,4	3570,0	892,5
Я 2	4329,5	1813,5	87,5	20,5	2280,5	1302,7	1961,5	490,4
Я 3	934,5	297,4	78,2	21,3	262,7	127,7	593,7	148,4
Я 4	5613,6	1921,3	42,7	8,7	1987,4	1016,7	3583,5	895,9
Я 5	2331,5	878,8	19,9	4,1	1134,9	580,6	1176,7	294,2
Я 6	12608,2	4563,4	91,4	18,7	5411,5	2768,3	7105,4	1776,3
Я 7	2464,2	934,0	29,0	6,6	1217,7	622,9	1217,6	304,4
Я 8	7684,8	3106,6	89,6	18,7	4718,5	2368,7	2876,7	719,2

Распределение биогенных элементов представлено на рисунке 3.

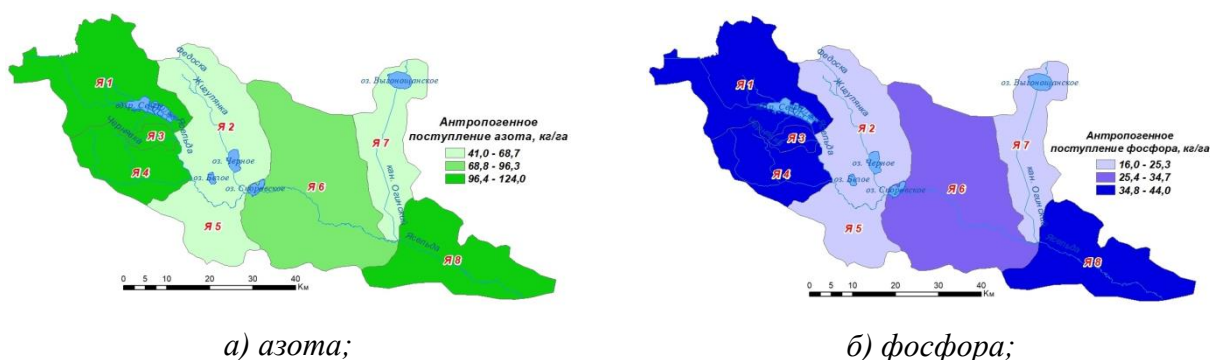


Рисунок 3 – Антропогенное поступление биогенных элементов в элементарные водосборы бассейна р. Ясельды

В почвенном покрове бассейна р. Ясельды наиболее часто встречаются временно избыточно увлажненные (33,8 %), глееватые (25,1 %) и глеевые (21,9 %) почвы. Контактно- и глубокооглеенные составляют 10,7 %, а автоморфные – 8,4 %.

Распределение почв по степени гидроморфизма в границах элементарных водосборов представлены в таблице 4.

По гранулометрическому составу в границах бассейна р. Ясельды доминируют песчаные почвы (44,7 %). Доля торфяных почв составляет 28,6 %, супесей – 26,3 %, суглинков – 0,4 %. Структура почвенного покрова по гранулометрическому составу в разрезе элементарных водосборов представлена в таблице 5.

Таблица 4 – Структура почвенного покрова элементарных водосборов бассейна р. Ясельды, %

Элементарный водосбор	Автоморфные	Контактно- и глубокооглеенные	Временно избыточно увлажненные	Глееватые	Глеевые и торфяно-болотные
Я 1	12,5	10,5	43,5	18,9	14,7
Я 2	5,7	7,3	47,7	19,7	19,7
Я 3	18,3	8,1	30,0	35,9	7,8
Я 4	8,7	8,1	33,7	34,0	15,5
Я 5	3,2	3,3	26,6	53,3	13,6
Я 6	6,3	17,6	27,3	23,2	25,7
Я 7	2,7	7,7	43,7	18,4	27,5
Я 8	12,6	9,0	30,6	16,6	31,2

Таблица 5 – Распределение почв элементарных водосборов бассейна р. Ясельда по гранулометрическому составу, %

Элементарный водосбор	Пески	Супеси	Суглинки	Торф
Я 1	32,4	26,5	0,0	41,1
Я 2	38,5	14,3	0,0	47,2
Я 3	24,1	71,5	1,1	3,3
Я 4	31,4	55,3	0,9	12,3
Я 5	40,8	49,2	0,9	9,1
Я 6	56,4	16,4	0,6	26,6
Я 7	55,8	3,4	0,0	40,8
Я 8	50,8	15,8	0,2	33,2

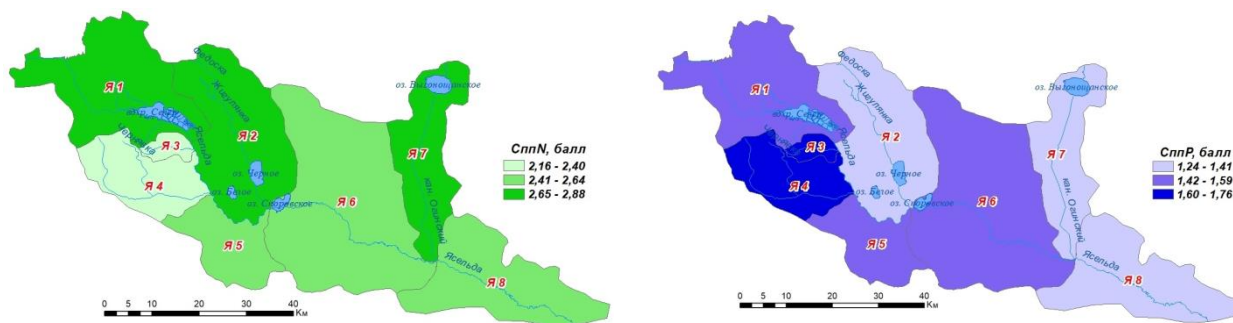
Наиболее распространенными почвообразующими породами в границах бассейна являются водно-ледниковые – 56,8 %. Органогенные почвообразующие породы составляют 30,4 %, озерно-аллювиальные 12,5,0 %, оргагогенные – 0,3 %. В таблице 6 представлена структура почвенного покрова в разрезе элементарных водосборов по почвообразующим породам.

Таблица 6 – Генезис почвообразующих пород в пределах элементарных водосборов бассейна р. Ясельда, %

Элементарный водосбор	Озерно-аллювиальные	Водно-ледниковые	Моренные	Органогенные
Я 1	0,4	54,9	2,0	42,7
Я 2	3,9	49,0	0,0	47,2
Я 3	0,0	96,7	0,0	3,3
Я 4	0,0	87,7	0,0	12,3
Я 5	0,0	90,9	0,0	9,1
Я 6	22,0	51,1	0,0	26,9
Я 7	33,9	18,8	0,0	47,2
Я 8	22,5	38,4	0,0	39,1

Распределение показателей  $C_{nn}$  представлены на рисунке 5.

Наименьший балл  $C_{nn}N$  зафиксирован для водосборов Я3 и Я4. В данных водосборах наблюдается наибольший показатель по поступлению азота. Средними показателями  $C_{nn}N$  характеризуются водосборы Я5, Я6 и Я8, при этом в водосборе Я8 фиксируются наибольшие показатели поступления азота. Наивысший балл  $C_{nn}N$  выявлен для водосборов Я1, Я2 и Я7, среди которых водосбор Я1 характеризуется высокими, а водосборы Я2 и Я7 наименьшими показателями поступления азота.



а) к загрязнению азотом;

б) к загрязнению фосфором;

Рисунок 5– Распределение показателей  $C_{nn}$  бассейна р. Ясельды



Для элементарных водосборов Я2, Я7 и Я8 выявлены наименьший балл *СппР*. При этом для водосбора Я8 характерен наибольший показатель поступления фосфора. Средние показатели *СппР* зафиксированы для водосборов Я1, Я5, Я6, из которых водосбор Я1 характеризуется наибольшими показателями по поступаемому фосфору. Водосборы Я3 и Я4 имеют наибольший балл *СппР*, однако для данных водосборов отмечен также и наибольший показатель по поступлению фосфора.

Следовательно, наиболее напряженное ландшафтно-экологическое состояние по поступлению биогенных элементов выявлено в элементарных водосборах Я3, Я4 и Я8.

### **Заключение**

Для исследуемой территории, с использованием бассейнового подхода, проведено гидрографическое районирование бассейна р. Ясельды, выделены восемь элементарных водосборов, оцифрован картографический материал, собраны статистические данные, создана база данных по различным физико-географическим, социально-экономическим и эколого-гидрографическим показателям.

С использованием разработанной методики дана количественная оценка поступления биогенных элементов (азота и фосфора) от антропогенных источников в пределах элементарных водосборов.

Выполнено зонирование исследованной территории по величине поступления биогенных элементов. Установлено, что для пяти элементарных водосборов наблюдается превышение допустимых норм по поступлению фосфора.

### **Список цитированных источников**

1. Блакітная кніга Беларусі: Энцыклапедыя / рэдкал. : Н. А. Дзісько і інш. – Мінск : БелЭн, 1994. – 415 с.
2. Волчек, А. А. Водные ресурсы Брестской области / А. А. Волчек, М. Ю. Калинин. – Минск : Изд. Центр БГУ, 2002. – 440 с.
3. Рэкі, азёры і вадасховішчы Беларусі / Энцыклапедычная бібліятэчка «Беларусь». – Мінск : БелЭн, 1979. – 216 с.
4. Блакітны скарб Беларусі: Рэкі, азёры, вадасховішчы : энцыклапедыя / Маст. : Ю. А. Тарзеў, У. І. Цярэнцьеў. – Мінск : БелЭн, 2007. – 480 с.
5. Волчек, А. А. Биогенные элементы на малых водосборах реки Мухавец / А. А. Волчек, И. В. Окоронко // Развитие географических исследований в Беларуси в XX–XXI веках : материалы междунар. науч.-практ. оч.-заоч. конф., посвящ. 100-летию Белорус. гос. ун-та, 60-летию каф. физ. географии и образоват. технологий, 100-летию со дня рождения проф. О. Ф. Якушко, Минск, 24–26 марта 2021 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол. : П. С. Лопух (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2021. – С. 340–345.
6. Ясинский, С. В. Геоэкологический анализ антропогенных воздействий на водосборы малых рек / С. В. Ясинский // Известия АН. Сер. географическая. – 2000. – № 4. – С. 74–82.
7. Брюханов, А. Ю. Методика определения биогенной нагрузки на водные объекты от сельскохозяйственного производства / А. Ю. Брюханов [и др.] // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2016. – № 89. – С. 175–183.
8. Ясинский, С. В. Диффузное загрязнение водных объектов и оценка выноса биогенных элементов при различных сценариях землепользования на водосборе / С. В. Ясинский, Е. В. Веницианов, И. А. Вишневская // Вод. ресурсы. – 2019. – Т. 46. № 2. – С. 232–244.
9. Кондратьев, С. А. Структура поверхности водосбора как определяющий фактор биогенной нагрузки на водоем (по данным математического моделирования) / С. А. Кондратьев, А. Ю. Брюханов, А. В. Терехов // Вопр. географии. – 2018. – № 145. – С. 89–108.

10. Метод расчета биогенной нагрузки на водные объекты / С.А. Кондратьев [и др.] // Региональная экология. – 2011. – № 3–4. – С. 50–59.
11. Ясинский, С. В. Антропогенная нагрузка на водосбор и ее учет при оценке выноса биогенных элементов в крупный водный объект (на примере Чебоксарского водохранилища) / С. В. Ясинский, Е. А. Кашутина, Сидорова М. В., Нарыков А. Н. // Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения: сб. науч. тр. Н. Новгород. – М. : Студия Ф1, 2019. – С. 487–491.
12. Кольмакова, Е. Г. Антропогенные изменения стока растворенных веществ рек бассейна Немана / Е. Г. Кольмакова. – Мн.: БГУ, 2009. – 123 с.
13. Брюханов, А. Ю. Методика определения биогенной нагрузки на водные объекты от сельскохозяйственного производства / А. Ю. Брюханов, С. А. Кондратьев, Н. С. Обломкова [и др.] // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2016. – № 89. – С. 175–183.
14. Ясинский, С. В. Диффузное загрязнение водных объектов и оценка выноса биогенных элементов при различных сценариях землепользования на водосборе / С. В. Ясинский, Е. В. Веницианов, И. А. Вишневская // Вод. Ресурсы, 2019. – Т. 46. – № 2. – С. 232–244.
15. Кондратьев, С. А. Метод расчета биогенной нагрузки на водные объекты / С. А. Кондратьев, М. В. Казмина, М. В. Шмакова, Е. Г. Маркова // Региональная экология, 2011, № 3–4. – С. 50–59.
16. HELCOM Guidelines for the compilation of waterborne pollution to the Baltic Sea (PLC-water). – Helsinki: HELCOM, 2005. – 80 p.
17. Феденя, В. М. Сенсорность почв к химическому загрязнению как основа экологического нормирования техногенных химических нагрузок / В. М. Феденя, Т. А. Романова, В. А. Матвеева, Н. Е. Ивахненко // Природные ресурсы, 2000. – № 2. – С. 48.
18. Глазовская, М. А. Качественные и количественные оценки сенсорности и устойчивости природных систем к техногенным кислотным воздействиям / М. А. Глазовская // Почвоведение, 1991. – № 1. – С. 134–139.
19. Брестская область в цифрах. – Минск : Главное статистическое управление Брестской области, 2019. – 88 с.

## References

1. Blakitnaja kniga Belarusi: Jencyklapedyja / rjedkal.: N. A. Dzis'ko i insh. – Minsk : BelJen, 1994. – 415 s.
2. Volchek, A.A. Vodnye resursy Brestskoj oblasti / A.A. Volchek, M.Ju. Kalinin. – Minsk : Izd. Centr BGU, 2002. – 440 s.
3. Rjeki, azjory i vadashovishchy Belarusi / Jencyklapedychnaja biblijatjehka «Belarus'». – Minsk : BelJen, 1979. – 216 s.
4. Blakitny skarb Belarusi: Rjeki, azery, vadashovishchy / Mast. : Ju.A. Tarjeeŭ, U.I. Cjarjenc'eŭ. – Minsk : BelJen, 2007. – 480 s.
5. Volchek A.A. Biogennye jelementy na malyh vodosborah reki Muhavec / A.A. Volchek, I.V. Okoronko // Razvitie geograficheskikh issledovanij v Belarusi v XX–XXI vekah [Jelektronnyj resurs]: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. och.-zaoch. konf., posvjashh. 100-letiju Belorus. gos. un-ta, 60-letiju kaf. fiz. geografii i obrazovat. tehnologij, 100-letiju so dnja rozhdenija prof. O.F. Jakushko, Minsk, 24–26 marta 2021 g. / Belorus. gos. un-t; pod obshh. red. P.S. Lopuha; redkol.: P.S. Lopuh (gl. red.) [i dr.]. – Minsk: BGU, 2021. – s. 340 - 345.
6. Jasinskij, S.V. Geojekologicheskij analiz antropogennyh vozdeystvij na vodosbory malyh rek / S.V. Jasinskij // Izvestija AN. Ser. geograficheskaja. – 2000. – № 4. – S. 74–82.
7. Metodika opredelenija biogennoj nagruzki na vodnye ob#ekty ot sel'skohozjajstvennogo proizvodstva / A.Ju. Brjuhanov [i dr.] // Tehnologii i tehnicheckie sredstva mehanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. – 2016. – № 89. – S. 175–183.
8. Jasinskij, S.V. Diffuznoe zagraznenie vodnyh ob#ektov i ocenka vynosa biogennyh jelementov pri razlichnyh scenarijah zemlepol'zovanija na vodosbore / S V. Jasinskij, E.V. Venicianov, I.A. Vishnevskaja // Vod. resursy. – 2019. – Т. 46. № 2. – S. 232–244.

9. Kondrat'ev, S.A. Struktura poverhnosti vodosbora kak opredelajushhij faktor biogennoj nagruzki na vodoem (po dannym matematicheskogo modelirovanija) / S.A. Kondrat'ev, A.Ju. Brjuhanov, A.V. Terehov // Vopr. geografii. – 2018. – № 145. – S. 89–108.
10. Metod rascheta biogennoj nagruzki na vodnye ob#ekty / S.A. Kondrat'ev [i dr.] // Regional'naja jekologija. – 2011. – № 3–4. – S. 50–59.
11. Antropogennaja nagruzka na vodosbor i ee uchet pri ocenke vynosa biogennyh jelementov v krupnyj vodnyj ob#ekt (na primere Cheboksarskogo vodohranilishha) / S.V. Jasinskij, Kashutina E.A., Sidorova M.V., Narykov A.N. // Nauchnye problemy ozdorovlenija rossijskih rek i puti ih reshenija: sb. nauch. tr. Nizhnij Novgorod. – M. : Studija F1, 2019. – S. 487–491.
12. Kol'makova E.G. Antropogennye izmenenija stoka rastvorenyh veshhestv rek bassejna Nemana / E.G. Kol'makova. – Mn.: BGU, 2009. – 123 s.
13. Brjuhanov A.Ju., Kondrat'ev S.A., Oblomkova N.S., Ogluzdin A.S., Subbotin I.A. Metodika opredelenija biogennoj nagruzki na vodnye ob#ekty ot sel'skohozjajstvennogo proizvodstva // Tehnologii i tehnicheckie sredstva mehanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. 2016. № 89. S. 175 - 183.
14. Jasinskij S.V., Venicianov E.V., Vishnevskaja I.A. Diffuznoe zagrzaznenie vodnyh ob#ektov i ocenka vynosa biogennyh jelementov pri razlichnyh scenarijah zemlepol'zovanija na vodosbore // Vod. resursy. 2019. T. 46. № 2. S. 232–244.
15. Kondrat'ev S.A., Kazmina M.V., Shmakova M.V., Markova E.G. Metod rascheta biogennoj nagruzki na vodnye ob#ekty//Regional'naja jekologija. 2011. № 3-4. S. 50-59.
16. HELCOM Guidelines for the compilation of waterborne pollution to the Baltic Sea (PLC-water). Helsinki: HELCOM, 2005. 80 p.
17. Fedenja V.M., Romanova T.A., Matveeva V.A., Ivahnenko N.E. Sensornost' pochv k himicheskomu zagrzazneniju kak osnova jekologicheskogo normirovanija tehnogennyh himicheskikh nagruzok // Prirodnye resursy. 2000. №2. S. 48.
18. Glazovskaja M.A. Kachestvennye i kolichestvennye ocenki sensornosti i ustojchivosti prirodnyh sistem k tehnogennym kislotnym vozdejstvijam // Pochvovedenie. 1991. №1. S. 134 – 139.
19. Brestskaja oblast' v cifrah. – Minsk: Glavnoe statisticheskoe upravlenie Brestskoj oblasti, 2019. – 88 s.

УДК 628.381.1

## ОКОНЧАТЕЛЬНЫЙ ЭТАП ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

*Р. Н. Вострова, к. т. н., доцент, доцент кафедры водоснабжения химии и экологии, Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь, e-mail: delf\_1@mail.ru*

*А. Н. Пехота, к. т. н., зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь, e-mail: vostrova@tut.by*

*В. А. Малофей, студент, Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь, e-mail: malofejvika315@gmail.com*

### Реферат

Нельзя считать очистку городских сточных вод законченной без решения проблемы утилизации осадков сточных вод.

При проектировании очистных сооружений необходимо планировать возврат энергоемкого продукта в народнохозяйственный оборот.

Основными направлениями использования осадков являются: применение их в качестве компонента при создании почвоулучшающих композиций и в качестве компонента при создании брикетированного топлива.