

Токарчук, Я. Г. Янчук // Псковский региональный журнал. – 2015. – №24. С. 59–71.

10. Pogodaiklimat. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.pogodaiklimat.ru>.
11. Логинов, В. Ф. Практика применения статистических методов при анализе и прогнозе природных процессов / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, П. В. Шведовский. – Брест : Изд-во БГТУ, 2004. – 301 с.
12. Волчек, А. А. Математические модели в природопользовании. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А. А. Волчек, П. В. Шведовский, Л. В. Образцов. – Минск : Издательский центр БГУ, 2002. – 282 с.

УДК 91:504

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДОСБОРОВ БАССЕЙНА РЕКИ МУХАВЕЦ

А. А. Волчек¹, И. В. Окоронко²

¹ УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, volchak@tut.by

² УО «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина», Брест, Беларусь, okoronko2007@ya.ru

Аннотация

В статье представлена гидроэкологическая оценка малых водосборов бассейна р. Мухавец с использованием методики анализа посредством оценки различных показателей природной защищенности территории и факторов антропогенной нагрузки. Научная новизна исследований заключается в использовании разработанной нами методики оценки гидроэкологической ситуации малых водосборов рек Белорусского Полесья на основе матрицы атрибутивных показателей, позволяющей с учетом обобщенных балльных оценок выделить категории земель с различной гидроэкологической ситуацией, провести районирование исследуемой территории по преобладающим видам антропогенных воздействий и степени экологической опасности.

Ключевые слова: гидроэкологическая оценка, гидрографическая сеть, речные бассейны, атрибутивные показатели, природные средообразующие факторы, факторы антропогенной нагрузки.

HYDROECOLOGICAL ASSESSMENT OF DRAINAGE IN THE MUKHAVETS RIVER BASIN

A. A. Volchak, I. V. Akoronka

Abstract

The article presents a hydroecological assessment of small catchments of the river basin. Mukhavets, using the analysis methodology by assessing various indicators of the natural protection of the territory and factors of anthropogenic load. The scientific novelty of the research lies in the use of the methodology developed by us for assessing the hydroecological situation of small catchments of the rivers of the Belarusian Polesye on the basis of a matrix of attributive indicators, which, taking into ac-

count generalized point estimates, allows to distinguish categories of lands with different hydroecological situations, to conduct zoning of the study area according to the prevailing types of anthropogenic impacts and the degree of environmental hazard.

Keywords: hydroecological assessment, hydrographic network, river basins, attributive indicators, natural environment-forming factors, factors of anthropogenic load.

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. Оценка природного потенциала водных ресурсов, факторов формирования их экологического состояния, поиск алгоритмов оптимизации рационального водопользования с применением современных методов ГИС-технологий обуславливает актуальность темы исследования. Главным условием нормального функционирования любой речной экосистемы является не только достаточность, но и надлежащее качество ее воды. Цель исследования заключается в оценке гидроэкологической ситуации на малых водосборах с использованием современных технологий. Объект исследования – малые водосборы бассейна р. Мухавец.

Река Мухавец – правый приток Западного Буга. Протекает преимущественно по Западному Полесью, берет начало от слияния ручья Муха и канала Вец в г. Пружаны, длина составляет 113 км. Основные притоки: Дахловка, Шевня, Жабинка, Яковчицкий канал (правые), Днепровско-Бугский канал, канал Ореховский, канал Бона, Тростяница, Осиповка и Рита (левые). Площадь водосборного бассейна – 5867 км². Ширина долины в среднем течении 400 – 600 м, в нижнем – 1,5 – 2 км. Пойма двусторонняя, низкая, местами заболочена. Русло канализовано. Берега низкие, высотой 0,5 – 2 м, обрывистые [1–4].

Бассейн р. Мухавец является важным экономическим регионом, на территории которого расположены города Пружаны, Кобрин, Жабинка, Брест. Кроме того он является уникальным объектом с ландшафтным, почвенным, геоботаническим и зоогеографическим разнообразием. Объективно оценить геоэкологическую ситуацию невозможно без применения ГИС-технологий.

Материалы и методы. Методика, использованная в данной работе, разработана и апробирована нами при оценке антропогенной нагрузки на малые водосборы р. Пина [5], р. Лесная [6] и р. Мухавец [7]. Суть методики гидроэкологического анализа антропогенных воздействий на водосборы малых рек и водных объектов представляет собой определенную последовательность проведения следующих исследований [8–21].

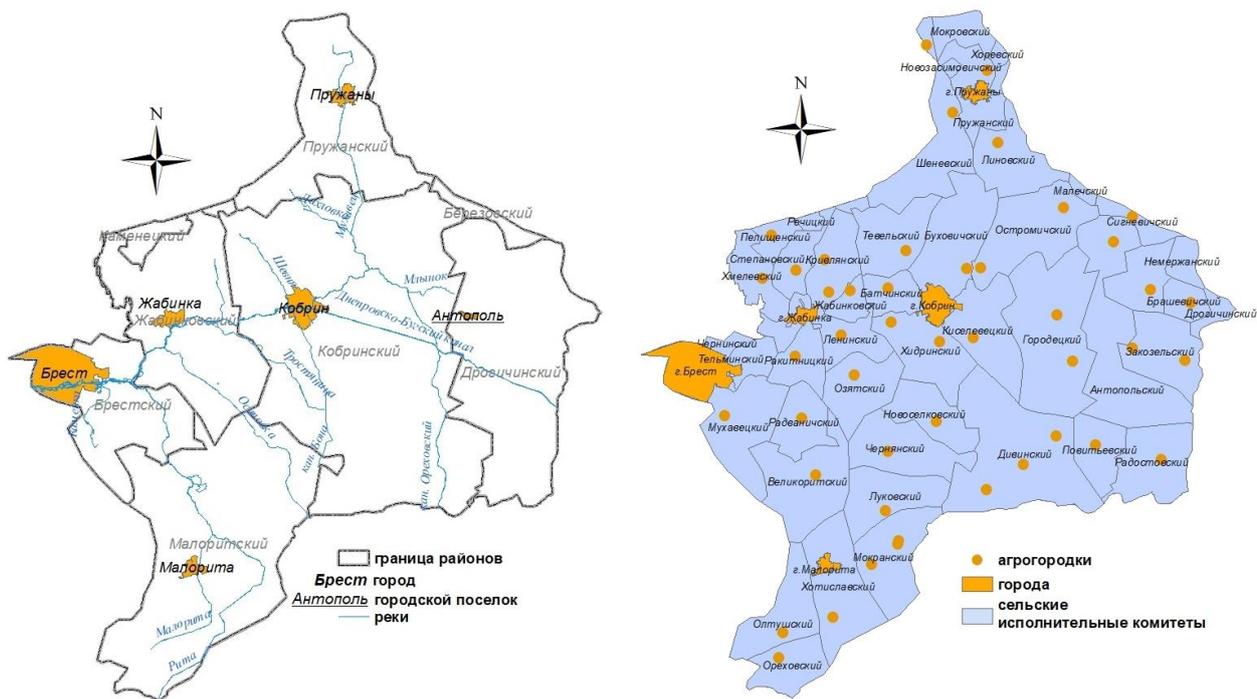
1. Выбор операционной типологической единицы рассмотрения (элементарный водосбор, бассейн малой реки и др.). Посредством геоинформационного картирования было выделено тринадцать малых водосборов (рисунок 1).

комитетов, а также комитета по сельскому хозяйству и продовольствию Брестского исполнительного комитета. Часть данных была получена с помощью созданной геоинформационной системы путём пересечения различных тематических карт.

5. *Составление матрицы характеристик природных факторов и антропогенной нагрузки в балльных показателях.* Для оценки была использована трёхбалльная оценочная шкала с дополнительным баллом при отсутствии данного показателя в пределах водосбора. Для расчёта комплексных показателей положительной и отрицательной составляющих оценки использовался метод сложения соответствующих балльных значений показателей и последующего трёхуровневого равно-интервального ранжирования их суммы.

6. *Районирование рассматриваемой территории по преобладающим видам антропогенных воздействий и степени экологической опасности.*

Результаты и обсуждение. Бассейн р. Мухавец расположен на территории восьми административных р-нов (Каменецкого, Пружанского, Березовского, Дрогичинского, Кобринского, Малоритского, Жабинковского и Брестского) Брестской обл. (рисунок 2).



а) административные районы;

б) сельские исполнительные комитеты;

Рисунок 2 – Административно-территориальное деление бассейна

Население водосбора проживает в 488 населенных пунктах, из которых один город областного подчинения (Брест), четыре города районного подчинения (Кобрин, Жабинка, Пружаны, Малорита), один поселок городского типа (Антополь), 46 агрогородков, 436 сельских населенных пунктов (424 деревни, 4 поселка, 8 хуторов), выделяется 44 сельских исполнительных комитета, в которых проживает 516,6 тыс. чел. [22] (таблица 1, рисунок 2, 3).

Таблица 1 – Демографические показатели малых водосборов р. Мухавец

Название малого водосбора	Индекс	Площадь, км ²	Количество населенных пунктов	Количество населения, тыс. чел. (2018 г.)	Плотность населения, чел/км ² (2018 г.)
р. Мухавец от впадения р. Шевни до впадения в Западный Буг	М 1	717,7	104	369,0	514,0
р. Каменки	М 2	91,7	6	0,8	8,5
р. Риты	М 3	1058,0	50	19,4	18,4
р. Осиповки	М 4	564,7	52	9,3	16,4
р. Тростяницы	М 5	191,9	18	2,5	13,0
р. Шевни	М 6	230,3	36	29,7	128,8
кан. Бона	М 7	343,4	23	26,4	76,9
р. Дахловки	М 8	210,0	18	0,6	2,9
р. Мухавец от истока до впадения р. Млынок	М 9	616,9	60	27,3	44,2
Днепровско-Бугского кан. от впадения кан. Ореховский до впадения в р. Мухавец	М 10	259,7	24	13,2	51,1
кан. Ореховский	М 11	460,7	15	6,1	13,3
р. Млынок	М 12	408,7	41	5,7	13,9
Днепровско-Бугского кан. до впадения кан. Ореховский	М 13	702,9	41	6,6	9,5

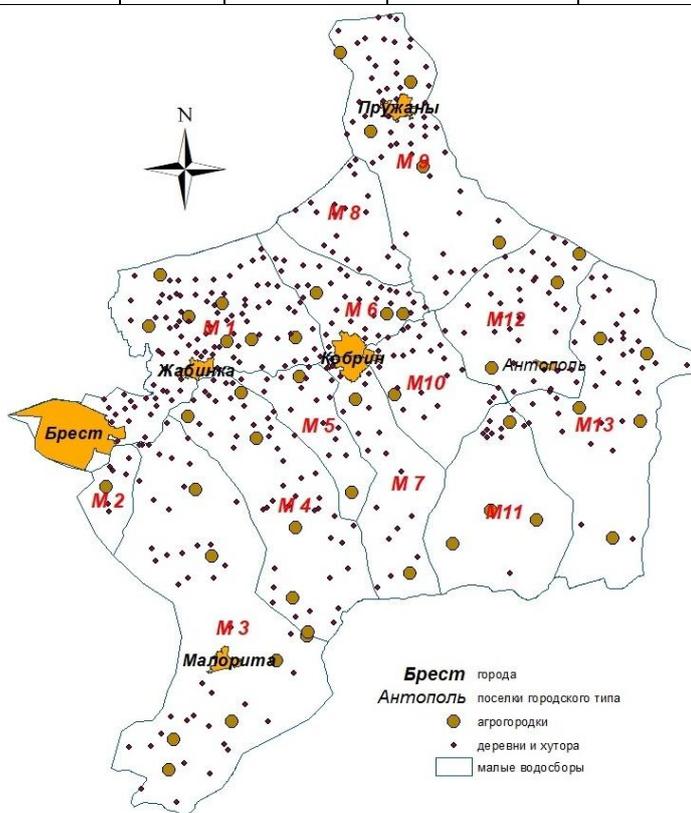


Рисунок 3 – Размещение населенных пунктов в границах бассейна

В ходе исследования показателей природных средообразующих факторов выявлены следующие существенные различия в их показателях (рисунок 4).

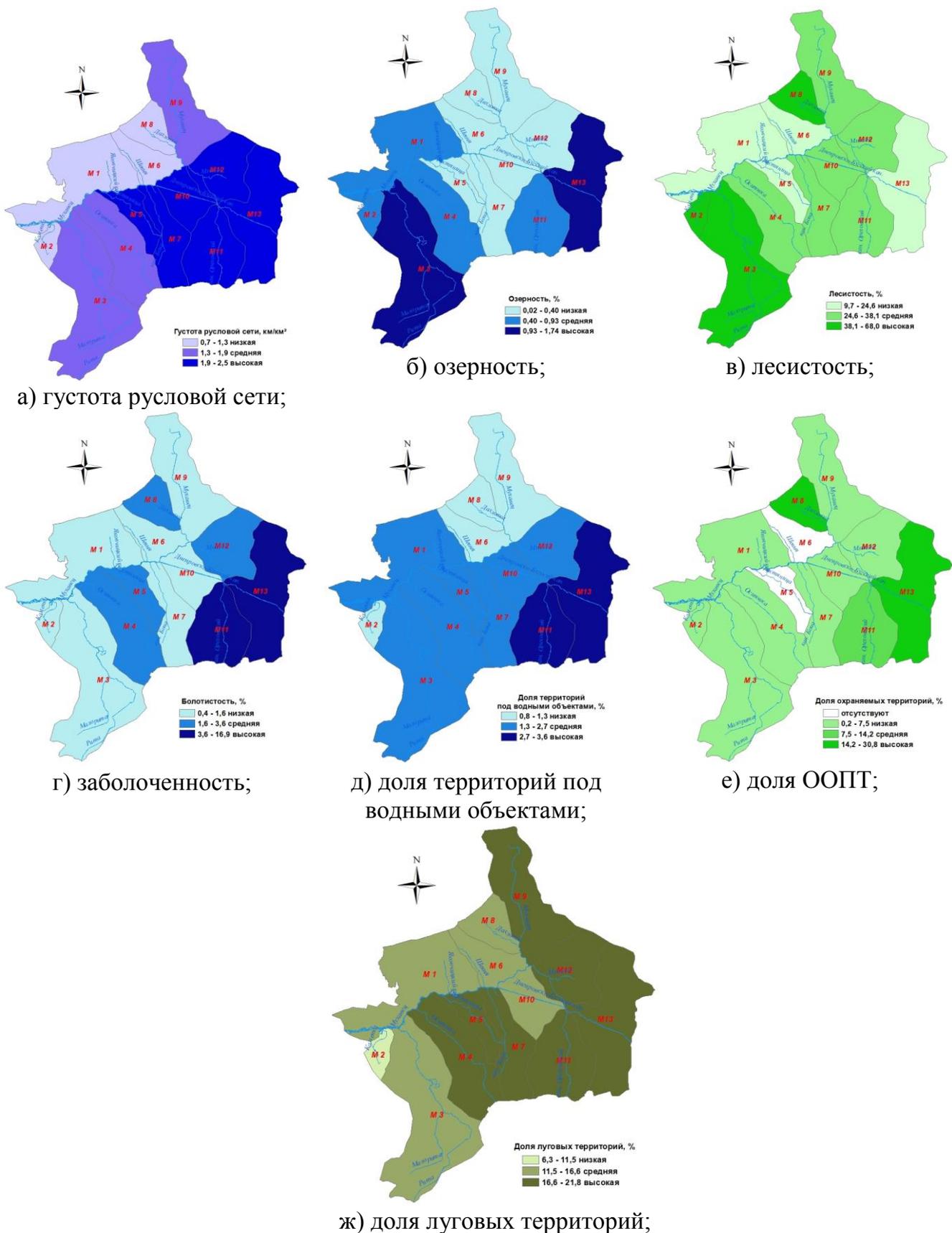


Рисунок 4 – Распределение показателей природных средообразующих факторов

Бассейн р. Мухавец характеризуется высоким показателем густоты русловой сети (от 0,7 до 2,5 км/км²). Средний показатель густоты речной сети для Брестской обл. составляет 0,42 км/км² [23]. Наибольшие показатели выявлены

на водосборах М7, М10 и М11, средними показателями характеризуются водосборы М3, М4 и М9, а наименьшие показатели густоты русловой сети отмечены на водосборах М2, М1 и М8.

Озерность исследуемой территории варьирует от 0,02 до 1,74 %. Самыми крупными озерами являются оз. Ореховское (4,05 км²), Луковское (3,71 км²), Белое (2,11 км²) и Любань (1,88 км²). Наибольшими показателями характеризуются водосборы М13 (1,74 %) и М3 (1,18 %). Именно на данных водосборах размещаются крупнейшие озера и пруды. Наименьшие показатели озерности зафиксированы на водосборах М8 (0,02 %) и М9 (0,03 %).

Средняя лесистость бассейна составляет 34,4 %, при среднереспубликанском показателе 39,8 % и среднем по Брестской обл. – 36,4 %. Лесистость варьирует от 9,7 % (на водосборе М6) до 68 % (на водосборе М8). На малом водосборе М8 расположены заказники местного значения Бобровина и Выдренка. Наряду с этим, данный водосбор характеризуется наименьшей селитебной освоенностью, плотность населения здесь наименьшая и составляет 2,9 чел./км².

Наибольшие площади болотных угодий выделяются на водосборах М13 (16,9 %) и М11 (10,6 %). На водосборе М13 расположены ландшафтные заказники «Званец» и «Радостовский», которые были созданы именно для сохранения низинных и переходных болот мезотрофного типа. На водосборе М11 находятся часть ландшафтного заказника «Званец» и биологический заказник местного значения «Дивин-Великий Лес». Данные водосборы также характеризуются небольшим показателем селитебной освоенности. Наименьшие показатели заболоченности отмечаются на водосборах М6 (0,4 %), М3 и М1 (0,5 %). Данные водосборы подверглись широкомасштабным мелиоративным мероприятиям и характеризуются высокими показателем сельскохозяйственной освоенности.

Наибольшая доля водных объектов отмечается на водосборах М13 (3,6 %) и М11 (3,2 %). Наименьшие показатели зафиксированы на водосборах М8 (0,8 %) и М2 (1,1 %).

Особо охраняемые природные территории более всего представлены на малых водосборах М8 (30,8 %) и М13 (27,7 %). На водосборах М5 и М6 ООПТ отсутствуют.

Средний показатель доли луговых территорий бассейна р. Мухавец выше среднеобластного (12,5 %) и составляет 17,2 % [23]. Наибольшими показателями характеризуются водосборы М11 (21,8 %) и М13 (21,4 %). Наименьшие площади луговых угодий отмечены на водосборах М2 (6,3 %).

Распределение демографических показателей представлено в таблице 1 и на рисунке 5.

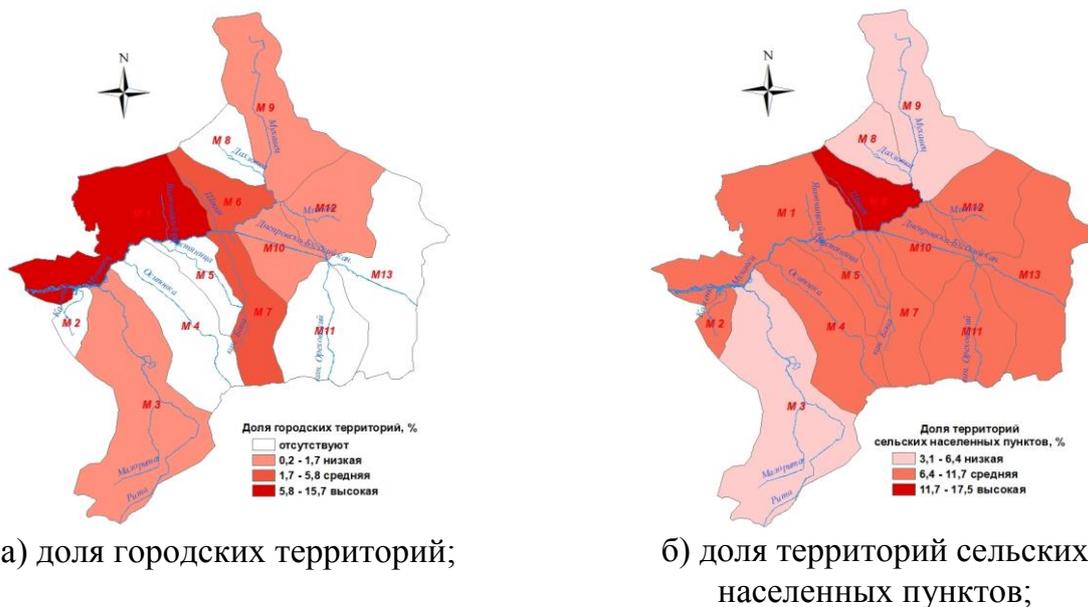


Рисунок 5 – Распределение демографических показателей

Исследуемый регион характеризуется очень высоким показателем урбанизации (85,6 %), при среднереспубликанском показателе 78,0 % и среднем по Брестской области – 70,5 %. Самым урбанизированным является малый водосбор М1 (96,8 %), а доля городских территорий составляет 15,7 %. Здесь находится г. Брест, который является городом областного подчинения и г. Жабинка, который является административным центром Жабинковского района. Город Жабинка – город-спутник г. Бреста, расположен в 30 км от областного центра и в последнее время характеризуется высоким показателем прироста населения. По материалам переписи населения на 1 января 2019 г. это единственный районный центр Беларуси, где население за один год увеличилось на 1,2 тыс. чел. и сегодня составляет 13,2 тыс. чел [22]. Прогнозируется, что к 2025 году население города-спутника увеличится почти вдвое и составит 22 тыс. чел. Водосборы М6 и М7 имеют средний показатель. Здесь находится г. Кобрин. Наименьшими показателями доли городских территорий характеризуются водосборы М3 (г. Малорита), М9 (г. Пружаны), М10 (г. Кобрин) и М12 (г.п. Антополь). На водосборах М2, М4, М5, М8, М11 и М13 городские территории отсутствуют.

Сельские населенные пункты представлены на всех малых водосборах, наибольшая их площадь отмечена на водосборе М6 (17,5 %, 8,5 тыс. чел.) На водосборе М8 площадь сельских населенных пунктов составляет всего 6,4 км², а сельское население – 0,6 тыс. чел. Данный водосбор характеризуется наименьшей селитебной освоенностью (2,9 чел/км²). Самыми людными сельскими населенными пунктами являются аг. Дивин (2,9 тыс. чел.), аг. Мухавец (2,6 тыс. чел.), д. Тельмы-1 (2,4 тыс. чел).

Согласно материалам переписи населения 2009 года и данным по количеству населения на 2018 г. за анализируемый период население бассейна увеличилось на 26,1 тыс. чел. Причем, только для малых водосборов М1 (+33,3 тыс. чел.), М6 (+1,1 тыс. чел.) и М2 (+26 чел.) присущ положительный прирост населения. На остальных водосборах за данный временной период произошло уменьшение

численности населения. Наиболее всего процессы депопуляции наблюдались на водосборах М9 (–1,9 тыс. чел.), М13 (–1,6 тыс. чел.) и М3 (–1,4 тыс. чел.).

В целом, исследуемый регион характеризуется высокой степенью антропогенной и хозяйственной освоенности территории. Средняя плотность населения составляет 88,2 чел/км², при среднем показателе для Беларуси 45 чел/км² и для Брестской обл. – 42 чел/км² [22]. Наибольшая плотность населения наблюдается на водосборе М1 (514,0 чел/км²), а наименьшая – на водосборах М8 (2,9 чел/км²) и М2 (8,5 чел/км²).

Автомобильные дороги оказывают влияние на гидрологический режим малых водосборов. Наибольший показатель густоты автомобильных дорог характерен для водосбора М1 (3,8 км/км²) (рисунок 6). Данный регион является самым урбанизированным и самым многочисленным водосбором, характеризуется наибольшими показателями количества и плотности населения, что и поспособствовало развитию транспортной инфраструктуры. Менее всего линейные транспортные объекты представлены на водосборах М11, М8 и М13.

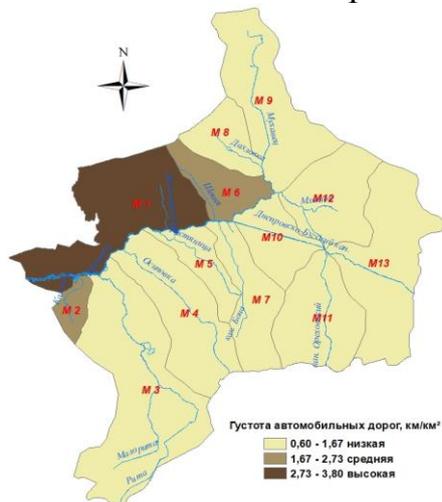
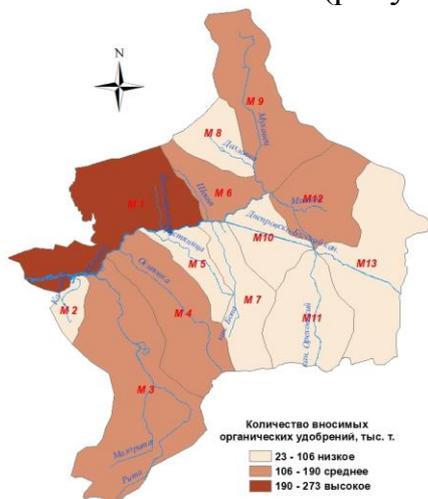
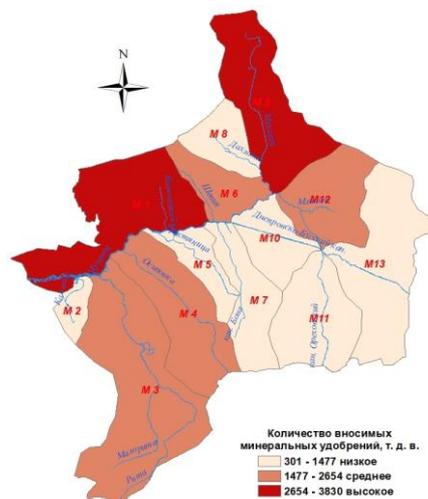


Рисунок 6 – Густота автомобильных дорог

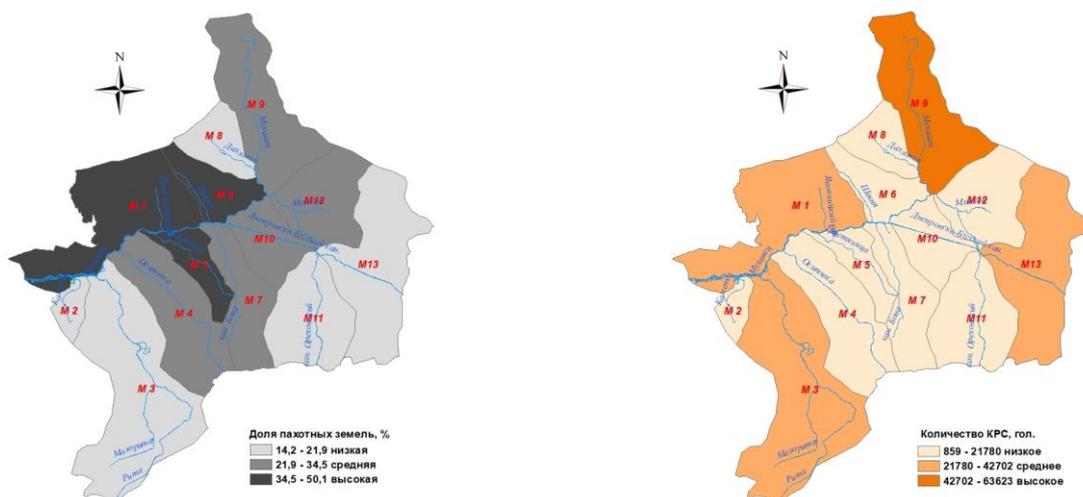
Исследуемая территория характеризуется высоким показателем сельскохозяйственной освоенности (рисунок 7).



а) количество вносимых органических удобрений;



б) количество вносимых минеральных удобрений;



в) распаханность территории;

г) численность крупного рогатого скота;

Рисунок 7 – Распределение сельскохозяйственных показателей

В пределах водосбора расположено более 60 предприятий агропромышленного комплекса и свыше 200 фермерских хозяйств. В сельскохозяйственной отрасли занято свыше 50 % от общего числа работающих в сфере материального производства. Регион специализируется на производстве молока и мяса в животноводстве, в растениеводстве – выращивание зерновых культур, сахарной свеклы, рапса, картофеля, а также кормопроизводства. На долю пашни приходится 28,0 % территории водосбора, при среднереспубликанском показателе 42 % [22]. Наибольшими площадями пахотных угодий характеризуются водосборы М6 (50,1 %) и М1 (42,5 %). Наименьшая степень распаханности отмечена на водосборах М8 (14,2 %) и М11 (15,1 %). Сельскохозяйственные предприятия в животноводстве в основном специализируются на разведении крупного рогатого скота (КРС). Так, в отдельных хозяйствах количество КРС превышает 10 тыс. голов (ОАО «Отечество», ОАО «Журавлиное», ОАО «Агро-Колядичи»). Наибольшая численность КРС зафиксирована на водосборах М9 (63,6 тыс. гол.), а наименьшая – на водосборе М2 (0,9 тыс. гол.). В растениеводстве активно используются минеральные и органические удобрения. Зачастую сельскохозяйственными организациями не соблюдаются надлежащие условия по хранению, транспортировке и внесению удобрений. Это приводит к их накоплению в почве с последующим поступлением в поверхностные и грунтовые воды. Наибольшее количество минеральных удобрений вносится на водосборах М1 и М9, наименьшее – на водосборах – М2 и М8. Органических удобрений более всего попадает в почву в пределах водосбора М1, а наименее всего на водосборах М2 и М8.

В материалах HELCOM [8; 10–21] 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. В работе принято, что в расчетах при отсутствии центральной канализации нагрузка от населения поступает в подземный сток в пределах населенных пунктов и выносится равномерно в течение года. 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 птицы – 1,4, $N_{\text{общ}}$ для КРС –

82,1, для птицы – 1,5. При определении количества азота и фосфора, внесенных с минеральными удобрениями, использовалось соотношение NPK 22 : 11 : 11.

В таблице 2 представлены оценки массы биогенных веществ, формирующейся за счет антропогенной нагрузки на водосборах р. Мухавец.

Таблица 2 – Антропогенное поступление биогенных элементов на водосбор р. Мухавец, тонн

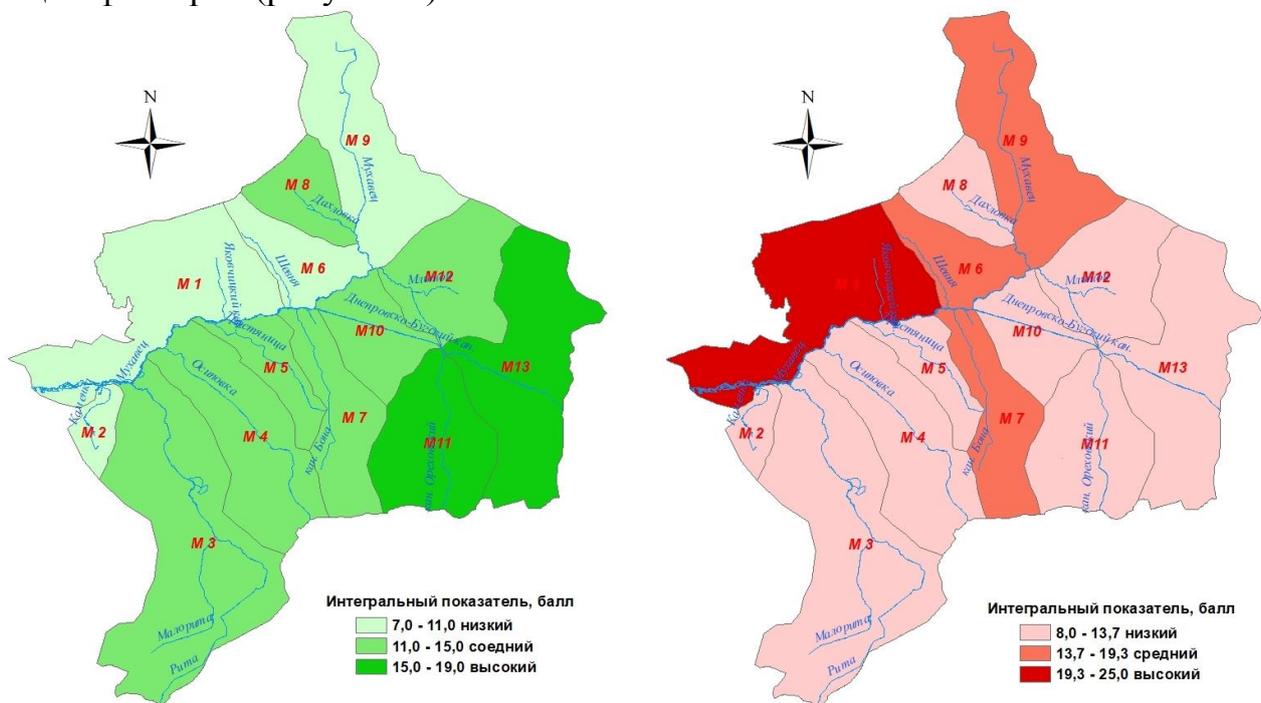
Малый водосбор	Итого от всех источников		Нагрузка от населения		Нагрузка от сельского хозяйства			
					от животноводства		от минеральных удобрений	
	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор
М 1	3083	1552	51	10	2190	1120	843	421
М 2	140	70	3	1	71	36	66	33
М 3	2771	1401	33	7	2209	1130	530	265
М 4	2113	1063	41	8	1581	809	491	246
М 5	912	460	11	2	615	315	286	143
М 6	1989	1337	37	8	1495	1101	457	229
М 7	1075	540	23	5	773	395	279	140
М 8	649	330	3	1	546	279	100	50
М 9	6541	3550	38	8	5756	3169	747	374
М 10	768	387	11	2	553	283	203	101
М 11	1158	582	27	6	976	500	155	77
М 12	1773	897	19	4	1425	729	329	164
М 13	2156	1092	29	6	1930	988	196	98

На основе трехинтервального ранжирования природных средообразующих и антропогенных оценочных показателей были рассчитаны общие положительный и отрицательный показатели. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Балльные показатели природной защищенности и антропогенной нагрузки

Малые водосборы	Показатели природной защищенности							Показатели антропогенной нагрузки									
	Густота русловой сети	Озерность	Лесистость	Доля охраняемых территорий	Заболоченность	Доля луговых территорий	Сумма баллов	Доля городских территорий	Доля сельских территорий	Численность населения	Плотность населения	Густота автомобильных дорог	Количество вносимых минеральных удобрений	Количество вносимых органических удобрений	Распаханность территории	Численность крупного рогатого скота	Сумма баллов
М 1	1	2	1	2	1	1	10	3	2	3	3	3	3	3	3	2	25
М 2	1	2	3	1	1	1	10	0	2	1	1	2	1	1	1	1	10
М 3	2	3	3	2	1	1	14	1	1	2	1	1	2	2	1	2	13
М 4	2	2	2	2	2	1	14	0	2	1	1	1	2	2	2	1	12
М 5	3	1	1	2	2	0	12	0	2	1	1	1	1	1	3	1	11
М 6	1	1	1	1	1	0	7	2	3	2	2	2	2	2	3	1	19
М 7	3	1	2	2	1	1	13	2	2	2	2	1	1	1	2	1	14
М 8	1	1	3	1	2	3	13	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8
М 9	2	1	2	1	1	1	11	1	1	2	1	1	3	2	2	3	16
М 10	3	1	2	2	1	1	12	1	2	1	1	1	1	1	2	1	11
М 11	3	2	2	3	3	2	18	0	2	1	1	1	1	1	1	1	9
М 12	3	1	2	2	2	1	14	1	2	1	1	1	2	2	2	1	13
М 13	3	3	1	3	3	3	19	0	2	1	1	1	1	1	1	2	10

Наибольшими показателями наличия природных средообразующих факторов характеризуются водосборы М11 и М13. Водосборы М3, М4, М5, М7, М8, М10 и М12 имеют, соответственно, средний показатель, а водосборы М1, М2, М6 и М9 характеризуются низкой степенью наличия природных средообразующих факторов (рисунок 8).



а) природных средообразующих факторов;

б) факторов антропогенной нагрузки;

Рисунок 8 – Распределение интегральных показателей комплексной оценки

По данным показателей антропогенной нагрузки самыми высокими показателями характеризуется водосбор М1. Водосборы М6, М7, и М9 характеризуются средними показателями, а водосборы М2, М3, М4, М5, М8, М10, М11, М12 и М13 испытывают наименьшие антропогенные нагрузки.

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

В работе изучен и проанализирован природно-ресурсный потенциал малых водосборов бассейна р. Мухавец, проведена оценка природных средообразующих факторов территории малых водосборов, а также выявлены основные антропогенные факторы, проведена их качественная и количественная характеристика, проведено районирование по преобладающим видам антропогенных воздействий и степени экологической опасности.

Выявлено, что наиболее напряженная экологическая ситуация характерна малым водосборам М1 и М6. Данные водосборы характеризуются минимальными показателями наличия природных средообразующих факторов, при этом водосбор М1 характеризуется наибольшими, а водосбор М6 – средними показателями.

телями антропогенной нагрузки. Следовательно, на данных водосборах рекомендуется снизить антропогенную нагрузку, повысить показатели природных средообразующих факторов территории, изменить существующую систему природопользования.

Наибольшее поступление минерального азота зафиксировано на водосборах М9 и М1. На данных водосборах также наблюдается и наибольшее количество поступившего минерального фосфора. Средние показатели характерны для водосборов М3, М4, М13. Минимальное количество биогенных элементов наблюдается на водосборах М2 и М10. Таким образом, водосборы М9 и М1 требуют снижения антропогенной нагрузки и изменения существующей системы природопользования, водосборы М3, М4, М13 – оптимизации нагрузки и поддержания ее на текущем уровне, а водосборы М2, М5, М6, М7, М8, М10 и М11 нуждаются в разработке перспективного плана их рационального использования.

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 / Маст. : Ю. А. Тарэеў, У. І. Цярэнцьеў. – Мінск : БелЭн, 2007. – 480 с.
5. Окоронко, И. В. Оценка антропогенной нагрузки на р. Пина с применением ГИС-технологий / И. В. Окоронко // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта, сер. 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – Брест, 2020. – № 1. – С. 112–122.
6. Волчек, А. А. Оценка антропогенной преобразованности водосборов малой реки (на примере реки Лесной) / А. А. Волчек, И. В. Окоронко // Земля Беларуси. – 2021. – № 1. – С. 51–59.
7. 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 [Электронный ресурс] : 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; под общ. ред. П. С. Лопуха; редкол. : П. С. Лопух (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2021. – С. 340–345.
8. Ясинский, С. В. Геоэкологический анализ антропогенных воздействий на водосборы малых рек / С. В. Ясинский // Известия АН. Сер. географическая. – 2000. – № 4. – С. 74–82.
9. Мухина, Л. И. Принципы и методы технологической оценки природных комплексов / Л. И. Мухина. – М. : Наука, 1973. – 96 с.
10. 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.
11. 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.
 12. 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.
 13. Метод расчета биогенной нагрузки на водные объекты / С. А. Кондратьев [и др.] // Региональная экология. – 2011. – № 3–4. – С. 50–59.
 14. Антропогенная нагрузка на водосбор и ее учет при оценке выноса биогенных элементов в крупный водный объект (на примере Чебоксарского водохранилища) / С. В. Ясинский [и др.] // Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения : сб. науч. тр. Нижний Новгород. – М. : Студия Ф1, 2019. – С. 487–491.
 15. Иванов, А. А. Экологическая оценка водосборов малых рек (на примере Республики Марий Эл) : Научное издание / А. А. Иванов, П. М. Мазуркин. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2007. – 108 с.
 16. 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, М. В. Сидорова, А. Н. Нарыков // Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения. Сб. науч. тр. Нижний Новгород; М. : Студия Ф1, 2019. С. 487–491.
 17. Кольмакова, Е. Г. Антропогенные изменения стока растворенных веществ рек бассейна Немана / Е. Г. Кольмакова. – Минск. : БГУ, 2009. – 123 с.
 18. Брюханов, А. Ю. Методика определения биогенной нагрузки на водные объекты от сельскохозяйственного производства / А. Ю. Брюханов, С. А. Кондратьев, Н. С. Обломкова, А. С. Оглуздин, И. А. Субботин // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2016. – № 89. – С. 175–183.
 19. 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.
 20. 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.
 21. HELCOM Guidelines for the compilation of waterborne pollution to the Baltic Sea (PLC-water). Helsinki: HELCOM, 2005. – 80 p.
 22. Брестская область в цифрах. – Минск : Главное статистическое управление Брестской области, 2019. – 88 с.
 23. Волчек, А. А. Водные ресурсы Брестской области / А. А. Волчек, М. Ю. Калинин. – Минск : Изд. центр БГУ, 2002. – 440 с.