

ОЦЕНКА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

А. А. Волчек¹, И. В. Окоронко²

¹Д. геогр. н., профессор, декан факультета инженерных систем и экологии
Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь, e-mail: volchak@tut.by

²Старший преподаватель кафедры ботаники и экологии
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина, Брест, Беларусь, e-mail: okoronko2007@ya.ru

Реферат

В статье представлена оценка гидроэкологического состояния элементарных водосборов бассейнов рек юго-западной части Беларуси (на примере рек Мухавец, Лесная, Пина и Ясельда) с использованием методики анализа посредством оценки различных показателей экологической защищенности, способствующих самовосстановлению территории элементарных водосборов и факторов антропогенной нагрузки. Научная новизна исследований заключается в использовании разработанной авторской методики оценки на основе матрицы атрибутивных показателей, позволяющей с учетом обобщенных балльных оценок выделить категории земель с различной гидроэкологической ситуацией, провести типизацию 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.

ASSESSMENT OF THE HYDROECOLOGICAL STATE OF THE DRAINAGE BASINS IN THE SOUTHWESTERN PART OF BELARUS

A. A. Volchak, I. V. Akoronka

Abstract

The article presents an assessment of the hydroecological state of the elementary watersheds in the river basins of the southwestern part of Belarus (using the Mukhavets, Lesnaya, Pina and Yaselda rivers as an example), using the analysis methodology by evaluating various indicators of environmental protection that contribute to the self-recovery of the territory of elementary watersheds and anthropogenic load factors. The scientific novelty of the research lies in the use of the assessment methodology developed by us on the basis of a matrix of attributive indicators, which allows, taking into account the generalized scoring, to identify categories of lands with different hydroecological situations, to typify 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 исследований заключается в оценке гидроэкологического состояния элементарных водосборов с использованием современных технологий. Объект исследования – речные бассейны юго-западной части Беларуси.

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].

Река Лесная – правый приток Западного Буга. Длина реки составляет 85 км, образуется от слияния рек Правая Лесная и Левая Лесная. Исток расположен восточнее от д. Угляны Каменецкого района, устье на 0,5 км западнее от д. Теребунь Брестского района. Река Лесная протекает в Каменецком, Брестском и Пружанском районах, по Прибугской равнине и Брестскому Полесью, относится к бассейну Балтийского моря. Средняя ширина реки составляет 20–25 метров.

Река Ясельда – левый приток Припяти. Длина р. Ясельда составляет 250 км. Берёт исток из болота Дикое в 4 км к северу от д. Клепачи Пружанского района, вблизи восточной границы Национального парка «Беловежская пушча» и впадает в р. Припять в 3 км северо-западнее д. Качановичи Пинского р-на. Протекает по территории Пружанского, Березовского, Дрогичинского, Ивановского и Пинского районов Брестской обл. В верховье течёт 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 двусторонняя, 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 (р. Кречет, р. Башта, р. Чернявка, р. Плёса, кан. Винец) и левые (р. Мацовка, р. Хотова, р. Федоска, р. Орля, р. Жигулянка, кан. Огинский) притоки.

Река Пина – левый приток Припяти. Длина реки составляет 40 км, ширина русла – 35–55 м, площадь водосборного бассейна чуть более 2 тыс. км². Исток реки находится южнее д. Переруб Ивановского района, однако некоторые исследователи считают, что исток реки расположен южнее д. Дубое Пинского района. Впадает р. Пина в р. Припять. В литературных источниках XIX – XX вв. указывается, что р. Пина является притоком р. Ясельды [35]. В 1960 году участок русла реки ниже по течению от г. Пинска был перекрыт дамбой и р. Пина стала левым притоком р. Припять. Река считается частью Днепровско-Бугского канала. Берега низкие, частично заболоченные. Русло реки претерпело значительные изменения во время строительства и реконструкции Днепровско-Бугского канала. Основными притоками являются канал Завицанский, реки Ленушка и Нивка (правые), реки Неслуха, Филиповка, Струга, Саморувка и Ляховичский канал (левые).

Методы исследования и исходные данные

Методика, использованная в данной работе, разработана и апробирована нами при оценке антропогенной нагрузки на элементарные водосборы рек Пина [5], Лесная [6], Ясельда [7] и Мухавец [8, 9]. Суть методики гидроэкологического анализа антропогенных воздействий на водосборы малых рек и водных объектов представляет собой определенную последовательность проведения следующих исследований [10-20].

1. Выбор операционной типологической единицы рассмотрения (элементарный водосбор, бассейн малой реки и др.). Посредством геоинформационного картирования было выделено 42 элементарных водосбора (рисунок 1).

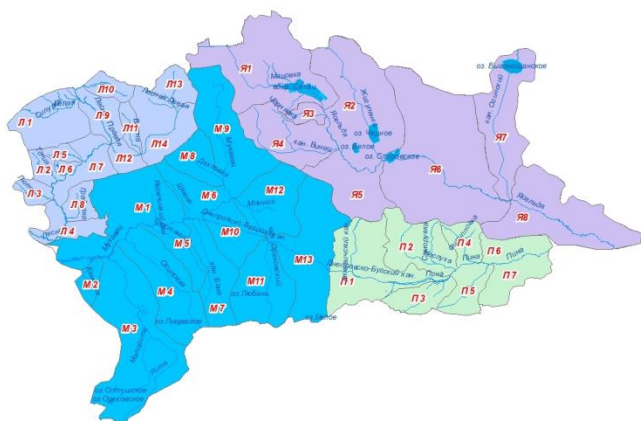


Рисунок 1 – Элементарные водосборы

2. Выявление основных природных средообразующих факторов, способствующих самовосстановлению территории элементарных водосборов и их количественная характеристика. Для каждого малого водосбора проводилась оценка природного фактора, способного в определенной мере компенсировать антропогенные воздействия. Таким образом проанализированы следующие показатели: заболоченность, лесистость, доля территорий под водными объектами, густота русловой сети, доля луговых территорий.

3. Выявление основных факторов антропогенной нагрузки и оценка их количественных характеристик. Оценка антропогенных факторов производилась по следующим показателям: антропогенное поступление азота и фосфора (кг/га), доля пахотных угодий и доля территорий населенных пунктов. Влияние сельского хозяйства оценивалось по животноводческой отрасли и растениеводству, оказывающих наибольшее негативное влияние на водные ресурсы и окружающую среду в целом. Антропогенная нагрузка от животноводства на выделенные водосборные территории оценивалась по объему твердых и жидких отходов и содержащемуся в них количеству действующего вещества.

Оценка поступления биогенных элементов (азот и фосфор) проводилась на основании анализа ряда экспериментальных работ [10-20] 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). В работе проведена количественная оценка поступления биогенов только от антропогенных источников, фоновые источники поступления азота и фосфора не учитывались.

По результатам экспериментальных работ было установлено, что распаханность территории в большей степени влияет на вынос органических веществ [19–20]. С пахотных угодий в 2–10 раз больше выносятся органических элементов, чем с лесных. Ландшафтная структура также влияет на вынос органических веществ, причем наибольшее количество выносятся с селитебных территорий, чем с естественных ландшафтов. Дерново-подзолистые почвы способны больше поглощать органических элементов, а с суглинистых почв азота и фосфора выносятся больше, чем с песчаных и супесчаных

почв. Именно сельскохозяйственные земли играют преобладающую роль в накоплении биогенных элементов на водосборах, следовательно, при разработке методики оценки БЭ на водные объекты, следует акцентировать именно на сельскохозяйственное производство и наибольшее негативное воздействие на окружающую среду оказывает система переработки и использования навоза и помета. Наряду с сельскохозяйственными и селитебными факторами, при оценке поступления БЭ следует учитывать и естественные природные факторы, поверхностный сток, эрозия, грунтовые воды, почвенные воды, дренажные воды, осадение из атмосферы. На основе анализа отечественных и зарубежных (ICECREAM, SOILN, FyrisNP) применяются преимущественно в Швеции и Финляндии) [10, 12, 14, 20] методик определения выноса БЭ Институтом озероведения РАН – ИНОЗ РАН была разработана модель формирования биогенной нагрузки на водные объекты ILLM – Institute of Limnology Load Model [14, 18, 20].

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)) [20] расчет биогенной нагрузки $R_{общ}$ и $N_{общ}$ 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 выносятся 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 $R_{общ}$ на 30 %, $N_{общ}$ на 50 %. Содержание $R_{общ}$ и $N_{общ}$ в отходах жизнедеятельности сельскохозяйственных животных, кг/год на 1 голову: КРС – 42,0, для свиней – 13,2, для птицы – 1,4, $N_{общ}$ для КРС – 82,1, для свиней – 31,2, для птицы – 1,5 [16, 18]. 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.

4. Картографирование выявленных природных и антропогенных факторов для выбранных типологических единиц рассмотрения. Для сбора данных и структурирования информации, а также выполнения визуализации и пространственного анализа данных была разработана геоинформационная система. Сравнительный анализ основных ГИС-пакетов (ArcGIS, MapInfo, ActiveMap GS, AutoCAD Map, ПроГео, Панорама и другие) показал, что наибольшими возможностями обладает пакет ArcGIS. Для реализации ГИС была выбрана полнофункциональная ГИС-платформа ArcGIS 10.3. Для обработки и анализа статистической информации были использованы приложения: MS Excel и SPSS Statistics. Основной целью создания геоинформационной системы является сбор, хранение, отображение, оценка и моделирование пространственных данных, характеризующих различные аспекты состояния водосборов для получения обобщенной координатно-привязанной информации. Необходимый материал был получен путем обработки картографических и справочных материалов. Все расчеты и картосхемы проводились с использованием приложения ArcGIS, позволяющего создавать различные электронные карты, проводить расчеты и моделирование. Картографическая база данных состоит из географического и оценочного блоков. Географический блок представлен набором векторных тематических слоев, отражающих гидроэкологическое состояние бассейнов, оценочный блок содержит синтетические и оценочные карты. Для создания картографической

базы использованы материалы различных исторических периодов, разновременные топографические карты, современные карты, космические снимки, данные некоммерческого веб-картографического проекта OpenStreetMap (OSM). Информация по различным показателям получена в результате дешифрирования и оцифровки карт OpenStreetMap высокого разрешения. При этом каждому идентифицированному участку соответствует атрибутивная таблица, содержащая информацию о количественных и качественных характеристиках по изучаемым показателям. Картографическая база данных охватывает географический блок, который включает тематические карты и оценочный блок, содержащий синтетические карты. Исходная статистическая база данных формировалась по справочным материалам землеустроительных служб, отчетам Брестского областного статистического комитета, сельских исполнительных комитетов, Проектного института Брестгипрозем, Брестского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды, Центрального научно-исследовательского института комплексного использования водных ресурсов, Брестской областной лаборатории аналитического контроля, Пинской межрайонной лаборатории аналитического контроля, а также комитета по сельскому хозяйству и продовольствию Брестского областного исполнительного комитета. Часть данных была получена с помощью созданной геоинформационной системы путём наложения различных тематических карт.

6. 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. На основании разработанной матрицы (рисунок 2) было выделено три типа элементарных водосборов по уровню современного гидроэкологического состояния: 1 – хорошее; 2 – удовлетворительное; 3 – неудовлетворительное.

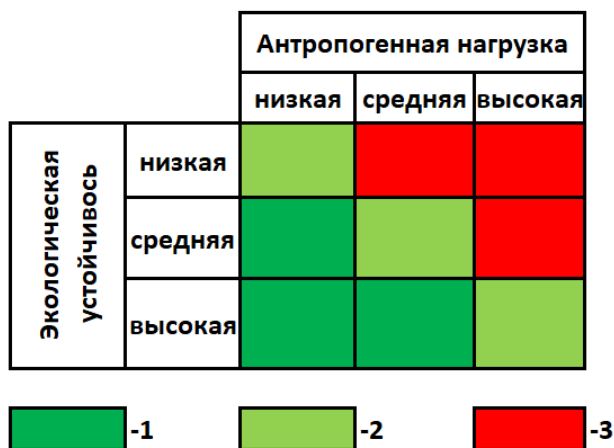
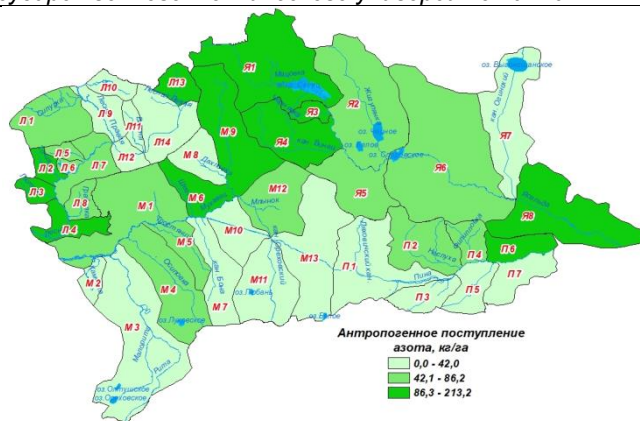


Рисунок 2 – Матрица (схема) типизации элементарных водосборов по гидроэкологическому состоянию

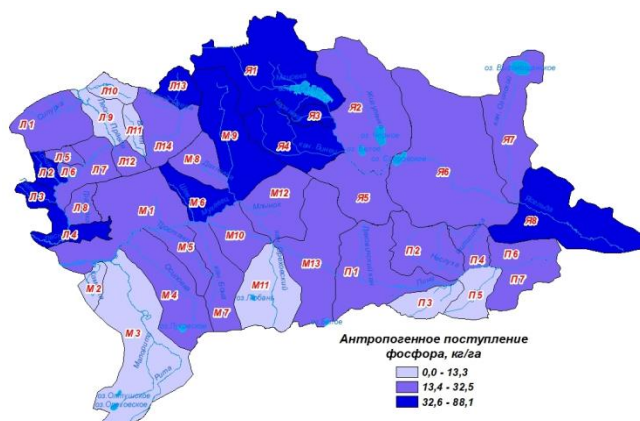
6. Гидроэкологическая типизация водосборных бассейнов по преобладающим видам антропогенных воздействий и степени экологической опасности.

Результаты и обсуждение

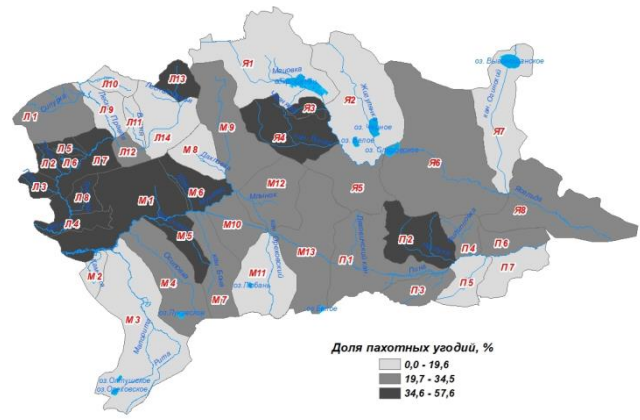
Результаты оценки величины антропогенной нагрузки представлены на рисунке 3.



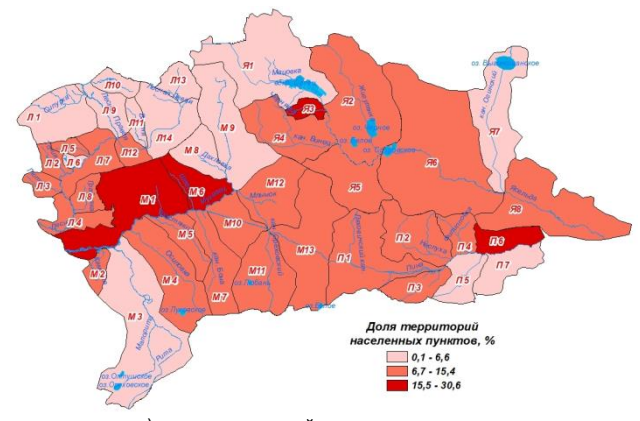
а) антропогенное поступление азота



б) антропогенное поступление фосфора



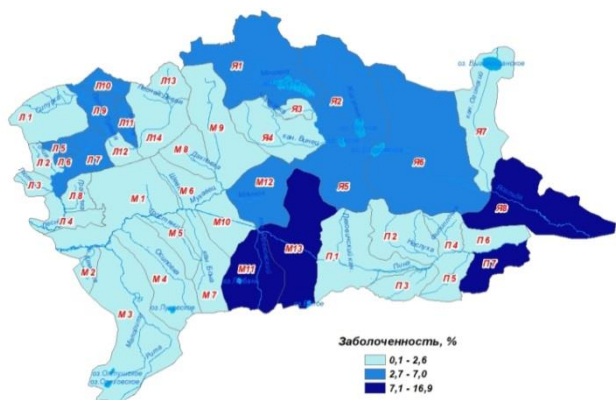
в) доля пахотных угодий



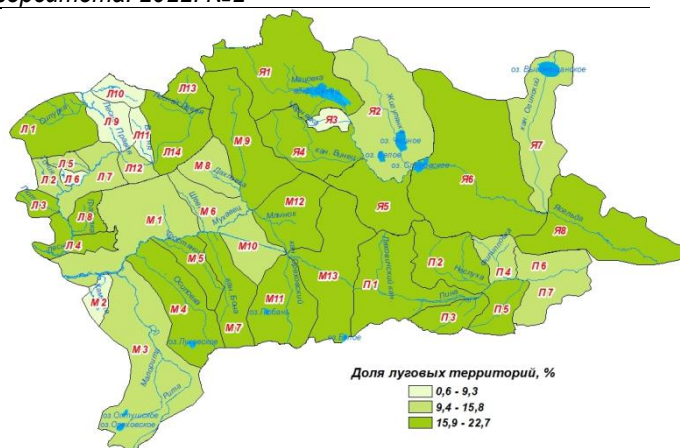
г) доля территорий населенных пунктов

Рисунок 3 – Факторы антропогенной нагрузки

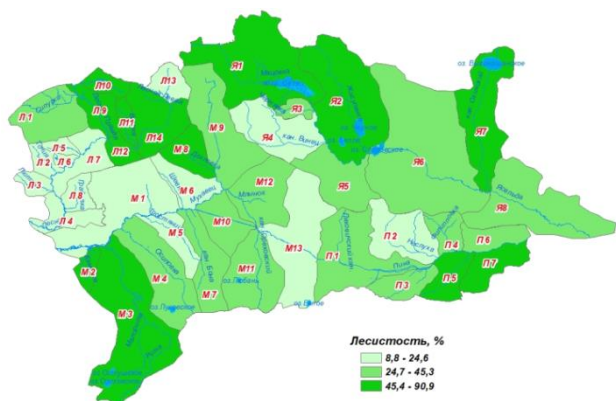
Результаты оценки факторов, способствующих самовосстановлению территории элементарных водосборов, представлены на рисунке 4.



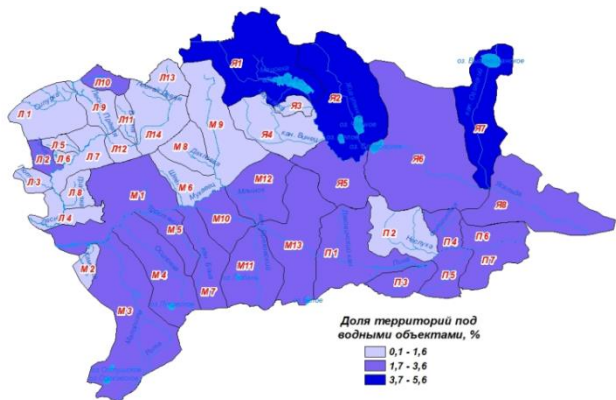
а) заболоченность



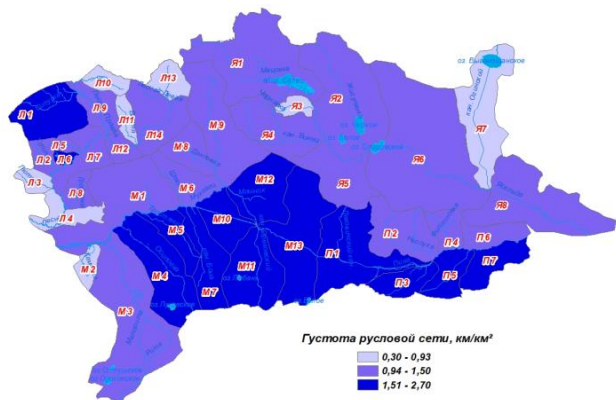
д) доля луговых территорий



б) лесистость



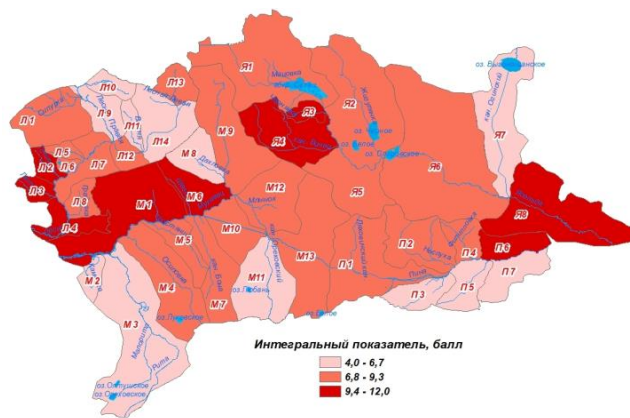
в) доля территорий под водными объектами



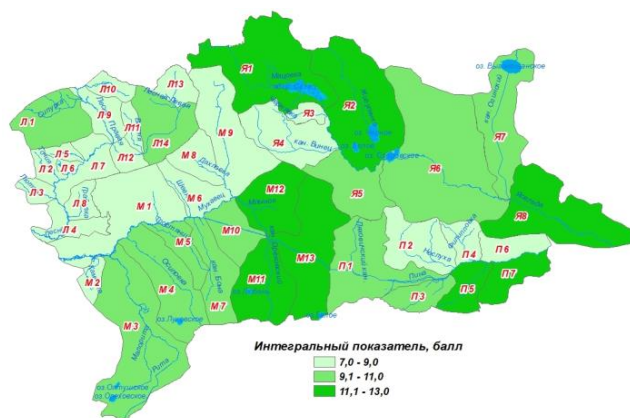
г) густота русловой сети

Рисунок 4 – Факторы, способствующие самовосстановлению территории элементарных водосборов

На основе трёхинтервального ранжирования антропогенных оценочных показателей и показателей способности территории к самовосстановлению были рассчитаны общие интегральные показатели, представленные на рисунке 5.



а) антропогенной нагрузки



б) способности территории к самоочищению

Рисунок 5 – Интегральные оценочные показатели

Результаты типизации элементарных водосборов по величине гидроэкологической напряженности представлены на рисунке 6.

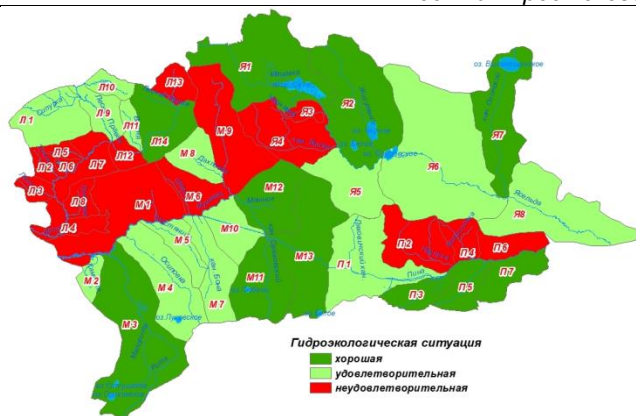


Рисунок 6 – Гидроэкологическая типизация водосборных бассейнов

Хорошая гидроэкологическая ситуация выявлена на 38,6 % исследуемой территории, удовлетворительная – на 36,8 %, а неудовлетворительная – 24,6 % территории речных бассейнов.

Неудовлетворительная гидроэкологическая ситуация приурочена в основном к элементарным водосборам, расположенным в северо-западной и юго-восточной частях исследуемой территории. Это преимущественно элементарные водосборы, для которых характерны высокие показатели антропогенной освоенности. На данных водосборах фиксируются наибольшие показатели плотности населения, доли городских территорий, высокий уровень урбанизации и в целом высокая численность населения. Наряду с этим данные регионы характеризуются высокими показателями сельскохозяйственной освоенности. Здесь высока доля пашни, наибольшая численность сельскохозяйственных животных, высокие дозы внесения органических и минеральных удобрений.

Для элементарных водосборов с неудовлетворительной гидроэкологической ситуацией рекомендовано изменить текущую систему природопользования. Необходимо пересмотреть существующую структуру земельных угодий, при этом сократить долю сельскохозяйственных земель, а соответственно увеличить долю природных биоценозов (лесных, луговых, болотных). Для урбанизированных водосборов рекомендуется развивать сельскую инфраструктуру и города-спутники. Например, г. Жабинка – город-спутник г. Бреста, расположен в 30 км от областного центра и в последние 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. Прогнозируется, что к 2025 году население города-спутника увеличится почти вдвое и составит 22 тыс. чел.

Для малых водосборов с неудовлетворительной гидроэкологической ситуацией рекомендовано:

- сокращение численности поголовья сельскохозяйственных животных;
- уменьшение доз внесения органических и минеральных удобрений;
- контроль сроков внесения органических и минеральных удобрений;
- контроль суммарных доз внесения органических и минеральных удобрений с учетом возделываемых культур и погодных условий;
- запрет на размещение крупных животноводческих комплексов вблизи водных объектов;
- контроль за отходами животноводства вблизи животноводческих комплексов;
- контроль за внесением и складированием отходов животноводства;
- сокращение доли пахотных угодий, с одновременным увеличением площадей природных экосистем (лесной и луговой растительности);
- обеспечение сельского населения центральной канализацией;
- контроль содержания нитратов в поверхностных и подземных водах.

Для малых водосборов с удовлетворительной гидроэкологической ситуацией рекомендована оптимизация антропогенной нагрузки и поддержание ее на текущем уровне с обязательным мониторингом и контролем состояния природных ресурсов.

Для малых водосборов с хорошей гидроэкологической ситуацией рекомендована разработка перспективного плана их рационального использования.

Заключение

Для исследуемой территории, с использованием бассейнового подхода, проведено гидрографическое районирование речных бассейнов юго-западной части Беларуси, выделены 42 элементарных водосборов, оцифрован картографический материал, собраны статистические данные, создана база данных по различным физико-географическим, социально-экономическим и эколого-гидрографическим показателям.

Предложена методика для типизации элементарных водосборов по величине гидроэкологической напряженности территории водосборных бассейнов юго-западной части Беларуси, основанная на индикаторном подходе. Методика включает математико-статистический расчёт индексов по двум оценочным блокам: величина антропогенной нагрузки и способность территории элементарных водосборов к самовосстановлению.

Наибольшие интегральные показатели антропогенной нагрузки выявлены на 9 элементарных водосборах. Для 8 элементарных водосборов присущи наибольшие показатели природных факторов, способствующих самовосстановлению территории.

Проанализировав выделенные оценочные индикаторы и проведя комплексную типизацию элементарных водосборов по остроте гидроэкологической ситуации, было установлено, что хорошая гидроэкологическая ситуация наблюдается на 38,6 % исследуемой территории, удовлетворительная – на 36,8 %, а неудовлетворительная – на 24,6 % территории речных бассейнов.

Согласно полученным результатам предложены направления и рекомендации по оптимизации природопользования в речных бассейнах юго-западной части Беларуси.

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. Тарзеў, 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 // Вестник Брестского государственного университета. Сер. 5. Химия. Биология. Науки об окружающей среде. – 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. Оценка гидроэкологической ситуации в пределах малых водосборов бассейна реки Ясельды / А. А. Волчек, И. В. Окоронко // Природопользование. – 2021. – № 1. – С. 49–61.
8. 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; под общ. ред. П. С. Лопуха; редкол.: П. С. Лопух (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2021. – С. 340–345.
9. Волчек, А. А. Оценка гидроэкологической ситуации малых водосборов бассейна реки Мухавец / А. А. Волчек, И. В. Окоронко // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: сб. тезисов докладов IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию Брест. гос. техн. ун-та

- и 50-летию ф-та инженерных систем и экологии, Брест, 7-8 октября 2021 г. / Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: А. А. Волчек [и др.]; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик. – Брест: БрГТУ, 2021. – С. 20–21.
10. Ясинский, С. В. Геоэкологический анализ антропогенных воздействий на водосборы малых рек / С. В. Ясинский // Известия АН. Сер. географическая. – 2000. – № 4. – С. 74–82.
 11. Мухина, Л. И. Принципы и методы технологической оценки природных комплексов / Л. И. Мухина. – М.: Наука, 1973. – 96 с.
 12. 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.
 13. 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.
 14. 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.
 15. Метод расчета биогенной нагрузки на водные объекты / С. А. Кондратьев [и др.] // Региональная экология. – 2011. – № 3–4. – С. 50–59.
 16. 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. – М.: Студия Ф1, 2019. – С. 487–491.
 17. 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.
 18. 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.
 19. Метод расчета биогенной нагрузки на водные объекты / С. А. Кондратьев [и др.] // Региональная экология. – 2011. – № 3–4. – С. 50–59.
 20. HELCOM Guidelines for the compilation of waterborne pollution to the Baltic Sea (PLC-water). – Helsinki: HELCOM, 2005. – 80 p.
 7. Volchek, A. A. Ocenka hidroekologicheskoj situacii v predelakh malyh vodosborov bassejna reki YAsel'dy / A. A. Volchek, I. V. Okoronko // Prirodopol'zovanie. – 2021. – № 1. – С. 49–61.
 8. Volchek, A. A. Biogennye elementy na malyh vodosborah reki Muhavec / A. A. Volchek, I. V. Okoronko // Razvitiye geograficheskikh issledovanij v Belarusi v XX–XXI vekah: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. och.-zaoch. konf., posvyashch. 100-letiyu Belarus. gos. un-ta, 60-letiyu kaf. fiz. geografii i obrazovat. tekhnologii, 100-letiyu so dnya rozhdeniya prof. O. F. YAkushko, Minsk, 24–26 marta 2021 g. / Belarus. gos. un-t; pod obshch. red. P. S. Lopuha; redkol.: P. S. Lopuh (gl. red.) [i dr.]. – Minsk: BGU, 2021. – С. 340–345.
 9. Volchek, A. A. Ocenka hidroekologicheskoj situacii malyh vodosborov bassejna reki Muhavec / A. A. Volchek, I. V. Okoronko // Aktual'nye nauchno-tekhnicheskie i ekologicheskie problemy sohraneniya sredy obitaniya: sb. tezisov dokladov IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 55-letiyu Brest. gos. tekhn. un-ta i 50-letiyu f-ta inzhenernykh sistem i ekologii, Brest, 7-8 oktyabrya 2021 g. / Brest. gos. tekhn. un-t; redkol.: A. A. Volchek [i dr.]; nauch. red. A. A. Volchek, O. P. Meshik. – Brest: BrGTU, 2021. – С. 20–21.
 10. Yasinskij, S. V. Geoekologicheskij analiz antropogennykh vozdeystvij na vodosbory malyh rek / S. V. Yasinskij // Izvestiya AN. Ser. geograficheskaya. – 2000. – № 4. – С. 74–82.
 11. Muhina, L. I. Principy i metody tekhnologicheskoj ocenki prirodnykh kompleksov / L. I. Muhina. – M.: Nauka, 1973. – 96 s.
 12. Metodika opredeleniya biogЕННОJ nagruzki na vodnye ob'ekty ot sel'skohozyajstvennogo proizvodstva / A. YU. Bryuhanov [i dr.] // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. – 2016. – № 89. – С. 175–183.
 13. Yasinskij, S. V. Diffuznoe zagryaznenie vodnykh ob'ektov i ocenka vynosa biogennykh elementov pri razlichnykh scenariyah zemlepol'zovaniya na vodosbore / S. V. Yasinskij, E. V. Venicianov, I. A. Vishnevskaya // Vod. resursy. – 2019. – Т. 46, № 2. – С. 232–244.
 14. Kondrat'ev, S. A. Struktura poverhnosti vodosbora kak opredelyayushchij faktor biogенной nagruzki na vodoem (po dannym matematicheskogo modelirovaniya) / S. A. Kondrat'ev, A. Yu. Bryuhanov, A. V. Terekhov // Voпр. geografii. – 2018. – № 145. – С. 89–108.
 15. Metod rascheta biogенной nagruzki na vodnye ob'ekty / S. A. Kondrat'ev [i dr.] // Regional'naya ekologiya. – 2011. – № 3–4. – С. 50–59.
 16. Antropogennaya nagruzka na vodosbor i ee uchet pri ocenke vynosa biogennykh elementov v krupnyj vodnyj ob'ekt (na primere CHEboksarskogo vodohranilishcha) / S. V. Yasinskij [i dr.] // Nauchnye problemy ozdorovleniya rossijskikh rek i puti ih resheniya: sb. nauch. tr. – М.: Студия F1, 2019. – С. 487–491.
 17. Metodika opredeleniya biogенной nagruzki na vodnye ob'ekty ot sel'skohozyajstvennogo proizvodstva / A. YU. Bryuhanov [i dr.] // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. – 2016. – № 89. – С. 175–183.
 18. Yasinskij, S. V. Diffuznoe zagryaznenie vodnykh ob'ektov i ocenka vynosa biogennykh elementov pri razlichnykh scenariyah zemlepol'zovaniya na vodosbore / S. V. Yasinskij, E. V. Venicianov, I. A. Vishnevskaya // Vod. resursy. – 2019. – Т. 46, № 2. – С. 232–244.
 19. Metod rascheta biogенной nagruzki na vodnye ob'ekty / S. A. Kondrat'ev [i dr.] // Regional'naya ekologiya. – 2011. – № 3–4. – С. 50–59.
 20. HELCOM Guidelines for the compilation of waterborne pollution to the Baltic Sea (PLC-water). – Helsinki: HELCOM, 2005. – 80 p.

References

1. Blakitnaya kniga Belarusi: Encyklopedyya / redkal.: N. A. Dzis'ko [i insh.]. – Minsk: BelEn, 1994. – 415 s.
2. Volchek, A. A. Vodnye resursy Brestskoj oblasti / A. A. Volchek, M. Yu. Kalinin. – Minsk: Izd. Centr BGU, 2002. – 440 s.
3. Reki, azyory i vadaskhovishchy Belarusi / Encyklopedychnaya bibliyatechka «Belarus». – Minsk: BelEn, 1979. – 216 s.
4. Blakitny skarb Belarusi: Reki, azery, vadaskhovishchy / Mast.: Yu. A. Tarey, U. I. Syarenc'e'y. – Minsk: BelEn, 2007. – 480 s.
5. Okoronko, I. V. Ocenka antropogennoj nagruzki na r. Pina s primeneniem GIS-tekhnologii / I. V. Okoronko // Vesnik Bresckaga y'niversiteta. Ser. 5. Himiya. Biyalogiya. Navuki ab zyamli. – 2020. – № 1. – С. 112–122.
6. Volchek, A. A. Ocenka antropogennoj preobrazovannosti vodosborov maloj reki (na primere reki Lesnoj) / A. A. Volchek, I. V. Okoronko // Zemiya Belarusi. – 2021. – № 1. – С. 51–59.

Материал поступил в редакцию 14.05.2022