

*Н. Ю. Курепина¹**

Картографическая оценка антропогенных источников загрязнения вод в республике Алтай

¹ Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Российская Федерация
* e-mail: nyukurepina@mail.ru

Аннотация. Выполненная ранее картографическая оценка антропогенной нагрузки на Обь-Иртышский бассейн показала удовлетворительную ситуацию в Республике Алтай. Однако в последние годы здесь регистрируется рост объема сброса отдельных загрязняющих веществ в поверхностные воды. В этой связи возникает необходимость изучения хозяйственной деятельности в регионе, установления источников загрязнения водных объектов, определения и оценки их пространственного размещения в бассейнах рек и озер. Картографирование, как метод исследования, уверенно зарекомендовал себя в решении водохозяйственных вопросов, поэтому его использование в геоинформационной среде представилось наиболее эффективным. В связи с отсутствием инфраструктуры пространственных данных Республики Алтай и других баз данных открытого пользования по объектам – потенциальным источникам загрязнения вод, разработан методический подход для осуществления поставленной задачи. В данной статье дается поэтапное его описание от сбора исходных данных до визуализации результатов оценки.

Ключевые слова: антропогенное воздействие, источники загрязнения вод, картографирование

*N. Yu. Kurepin¹**

CARTOGRAPHIC ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC SOURCES OF WATER POLLUTION IN THE REPUBLIC OF ALTAI

¹ Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russian Federation
* e-mail: nyukurepina@mail.ru

Abstract. According to the previously made cartographic assessment of anthropogenic loads on the Ob-Irtysh basin, the situation in the Altai Republic was considered as satisfactory. However, the increase in certain pollutants discharge into the surface waters is recently noted. In this regard, the proper studies of economic activities in the region, the identification of water pollution sources, the determination and evaluation of their spatial distribution in the river basins are needed. As a research method, mapping has made a good showing in solving water management problems, therefore, its application to the geoinformation environment seems to be the most effective. To implement the task, we have developed a methodological approach since any open databases on water pollution sources in the Republic of Altai are absent. This article provides a step-by-step description of this method, starting from initial data collection up to visualization of assessment results.

Keywords: anthropogenic impact, water pollution sources, mapping

Введение

Ранее в рамках научного исследования антропогенной нагрузки в Обь-Иртышском бассейне была выполнена оценка и получена картографическая модель

зонирования территории, которая наглядно отобразила у водосборов Республики Алтай среднюю степень нагрузки, а для бассейна Телецкое озеро – низкую [1]. Однако в регионе за последние годы (2017-2021 гг.) по отдельным загрязняющим веществам заметно увеличился объем сброса в поверхностные воды: азота аммонийного с 13,9 т (2017) до 37,26 т (2021) и нитритов с 5,67 – до 14,61 т. [2].

Современная экономика республики ориентирована, прежде всего, на аграрную и туристско-рекреационную специализацию. Ведущими отраслями промышленности являются пищевая промышленность, промышленность строительных материалов, цветная металлургия, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, что естественным образом оказывает в той или иной мере антропогенное воздействие на природную среду, в том числе и на водные объекты. Дальнейшее социально-экономическое развитие республики ориентировано на наиболее перспективные отрасли экономики: туризм; агропромышленный комплекс; пищевую промышленность; санаторно-курортный комплекс; биофармацевтический комплекс; энергетику [3], что, в свою очередь, будет приводить к еще большему загрязнению вод, особенно в бассейнах малых рек [4 – 6].

На основании вышесказанного научно-исследовательская работа по изучению водохозяйственной деятельности в регионе была продолжена. Картографический метод исследования в геоинформационной среде был определен как наиболее эффективный [7–14]. Преимущества метода при изучении антропогенного воздействия на водные объекты и оценке источников загрязнения вод заключаются в возможности работы с информационной базой, в пространственной привязке разного рода данных, целесообразного и научно обоснованного синтеза и визуализации результата.

В связи с отсутствием инфраструктуры пространственных данных Республики Алтай, других открытых баз данных (БД) с объектами, являющимися потенциальными источниками загрязнения вод; утвержденной научной методики для решения такого рода задачи, возникла необходимость в разработке собственного методического подхода, включающего: сбор исходной информации, ее систематизацию, создание БД и картографирование источников загрязнения для дальнейшего анализа экологической обстановки на территории и более детальной оценки комплексной антропогенной нагрузки на бассейны рек и озер.

Методы и материалы

Инвентаризация объектов – потенциальных источников загрязнения вод, является начальным этапом комплексной водно-экологической оценки территории. Для этого сначала выполняется сбор и обобщение актуальных материалов водохозяйственной тематики на исследуемую местность, на основе которых разрабатывается концептуальная схема водно-экологической картографической БД ГИС. В своей структуре она содержит два основных блока: использование вод и водно-экологический. Первый блок в свою очередь подразделяется на подблоки: целевое использование и опосредованное. Второй – на загрязнение вод и охрану вод. Каждый регион имеет свою специфику социально-экономического разви-

тия, поэтому дальнейшая структуризация БД основана на этой специфике посредством обобщения источников загрязнения вод в зависимости от отраслей экономики.

Следующий этап – в соответствии с концептуальной схемой идет наполнение БД и по завершению этого процесса создается водно-экологический ГИС-проект, включающий следующий набор данных, сгруппированных по темам: промышленные источники загрязнения; источники загрязнения от сельского хозяйства, рыбоводства и т.д. Геоданные в атрибутике содержат адресную информацию: координаты, название объекта, фактический и юридический адреса, дата регистрации объекта, основной вид деятельности, направление отрасли и др.

Визуальная оценка пространственного размещения источников загрязнения вод возможна по следующим сценариями: по отдельным видам источников загрязнения (промышленные, сельскохозяйственные и т.д.); по отдельным компонентам каждого вида источника загрязнения, например, при разработке месторождения золота, при обрабатывающем производстве мебели, от животноводства и т.д.; комплексное отображение источников загрязнения вод. В последнем случае, как и при интерпретации геоданных охраны вод, идет совокупное отражение набора показателей, поэтому требуется разработка специальных условных знаков.

Для картографической оценки антропогенных источников загрязнения вод в Республике Алтай было проанализировано 87 картографических, 36 статистических и 28 текстовых документов. Работа выполнялась в геоинформационной среде на платформе ArcGIS (компания ESRI).

Базовую картографическую основу составили векторные данные, заимствованные с сайта ВСЕГЕИ (<http://atlaspacket.vsegei.ru/#56101e1420224b454>): границы, населенные пункты, гидросеть, дороги. Актуализация муниципальных образований проводилась в соответствии с Реестром зарегистрированных в АГКГН географических названий населённых пунктов на 22.12.2020 (<https://cgkipd.ru/science/names/reestry-gkgn.php>).

Геоинформационно-картографический анализ размещения источников загрязнения водных объектов выполнялся на основе бассейнового подхода, для этих целей существующее водохозяйственное районирование нами детализировалось в части усложнения бассейновой структуры и выделения участков, имеющих длиннорядные гидрологические и гидрохимические посты и периоды наблюдений.

Результаты

На основе анализа и систематизации картографического, статистического и текстового материала разработана концептуальная схема картографической БД ГИС для Республики Алтай (рис. 1). Главными целевыми водопользователями региона являются объекты промышленности, сельского хозяйства, рыбоводства, транспорта, местное население и рекреанты. Промышленность Республики Алтай представлена в основном средними и малыми предприятиями, занятыми добычей полезных ископаемых, переработкой сельхозпродукции, производством

строительных материалов [15, 16]. В БД источники загрязнения вод сгруппированы на промышленные, сельскохозяйственные и от рыбоводства, от транспорта, при водопользовании местным населением и рекреантами, и другие.

В подблок *«Промышленные источники загрязнения»* вошли векторные данные, содержащие информацию: по добывающей промышленности (характеристику месторождений полезных ископаемых, их промышленную освоенность, количество образующихся отходов (т)); по энергетической (действующие или нет малые ГЭС с их краткими характеристиками); по деревообрабатывающей (адресные данные по размещению отходов обработки древесины и их количеству); по производству строительных изделий и конструкций (адресные данные по размещению отходов от производства и их количеству); по производству пищевых продуктов и хлебобулочных, мучных кондитерских изделий (адресные данные по размещению отходов от производства и их количеству).

В подблок *«Источники загрязнения от сельского хозяйства и рыбоводства»* вошли данные: по почвам, загрязненным хлорорганическими пестицидами (вид пестицида и место его находки), широко применяемых в сельском хозяйстве в 1960 – 1980 гг., но обнаруживаемых в почвенных пробах и в настоящее время; данные по сельскохозяйственным организациям, доля которых в общей численности поголовья животных преобладает над совокупной долей прочих хозяйств (адрес, подгруппы отходов животноводства, количество – нормативное образование, поскольку не ведется фактический учет образования отходов, т); по орошению (место нахождения орошаемых территорий); по основным источникам образования отходов растениеводства (адреса предприятия и организации, подгруппы отходов растениеводства и их количество – нормативное образование, поскольку не ведется фактический учет образования отходов, т); по рыбному хозяйству (место нахождения организации). В Республике Алтай на сегодняшний день работает одно предприятие, специализирующееся на производстве рыбопосадочного материала, это – ООО «Альянс Проект», оно занимается заготовкой, оплодотворением и инкубацией икры лососевых (форель, хариус) и сиговых видов рыб, подращиванием молоди до жизнестойкой стадии и реализацией рыболовным хозяйствам.

Содержание следующего подблока *«Источники загрязнения от транспорта»* составили векторные данные: по нахождению источников образования отходов обслуживания и ремонта транспортных средств (отработанных аккумуляторов; шин, покрышек, камер автомобильных; фильтров и т.д.) и организаций, осуществляющих их централизованный сбор (адресная информация); дорожная сеть.

Подблок *«Загрязнение вод при их эксплуатации местным населением и рекреантами»* включает информационные данные: по количеству водопользователей: местных, с привязкой к населенным пунктам (численности населения на 2016 г., по отдельным МО дополнительно на 2020, 2021 гг.) и приезжих, посещающих туристские и лечебно-оздоровительные республиканские объекты (адреса, наличием койко-мест).

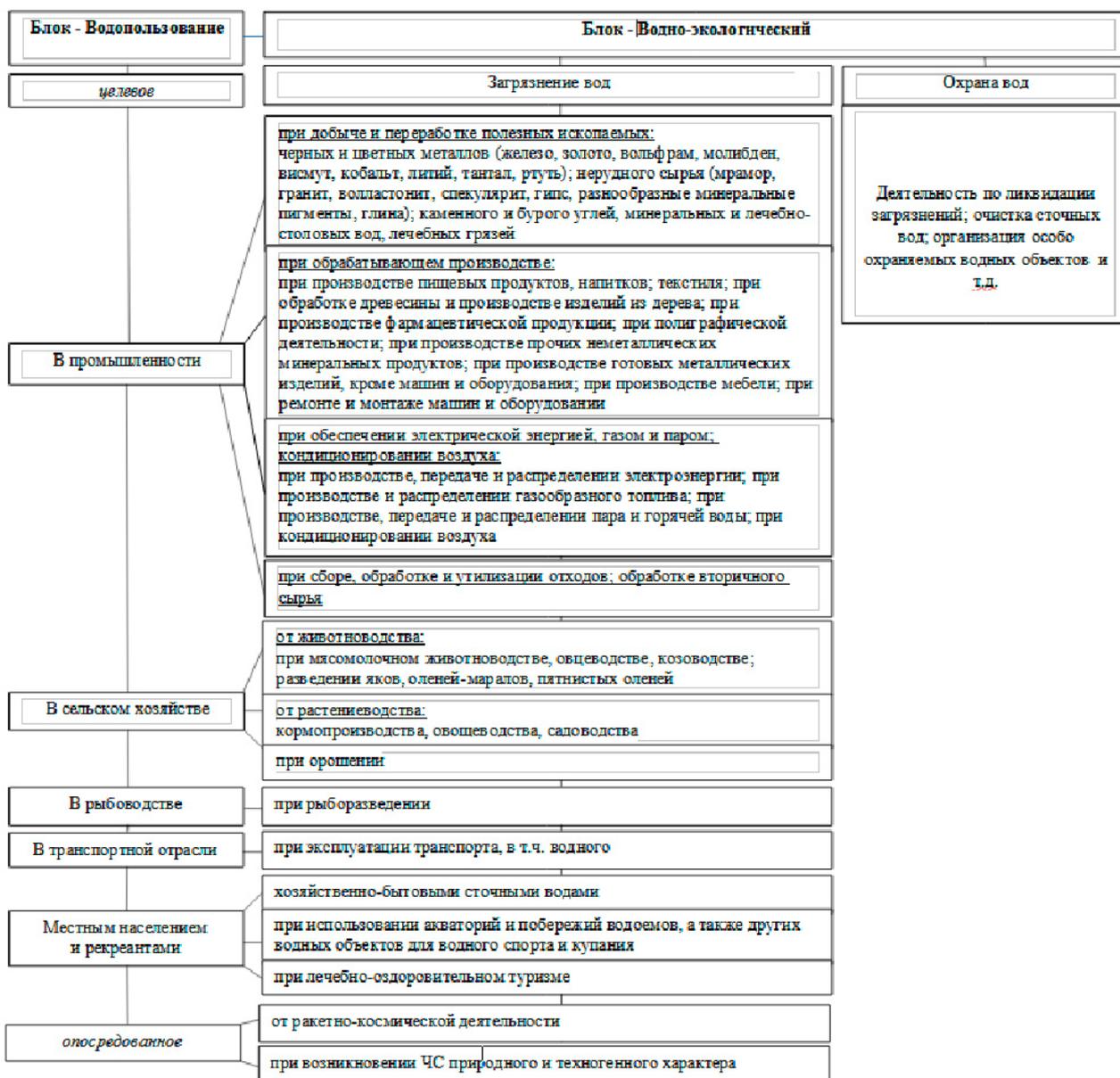


Рис. 1. Концептуальная схема картографической БД ГИС Республики Алтай

В последнюю подблок «Другие источники загрязнения» объединены данные: об источниках образования отходов при сжигании угля в котельных (наименование организации; адрес; количество отходов); об источниках отходов оборудования, содержащего ртуть (наименование организации; адрес; количество отходов); об объектах размещения отходов (ГРОРО), ТБО, ТКО и от ракетно-космической деятельности (места расположения).

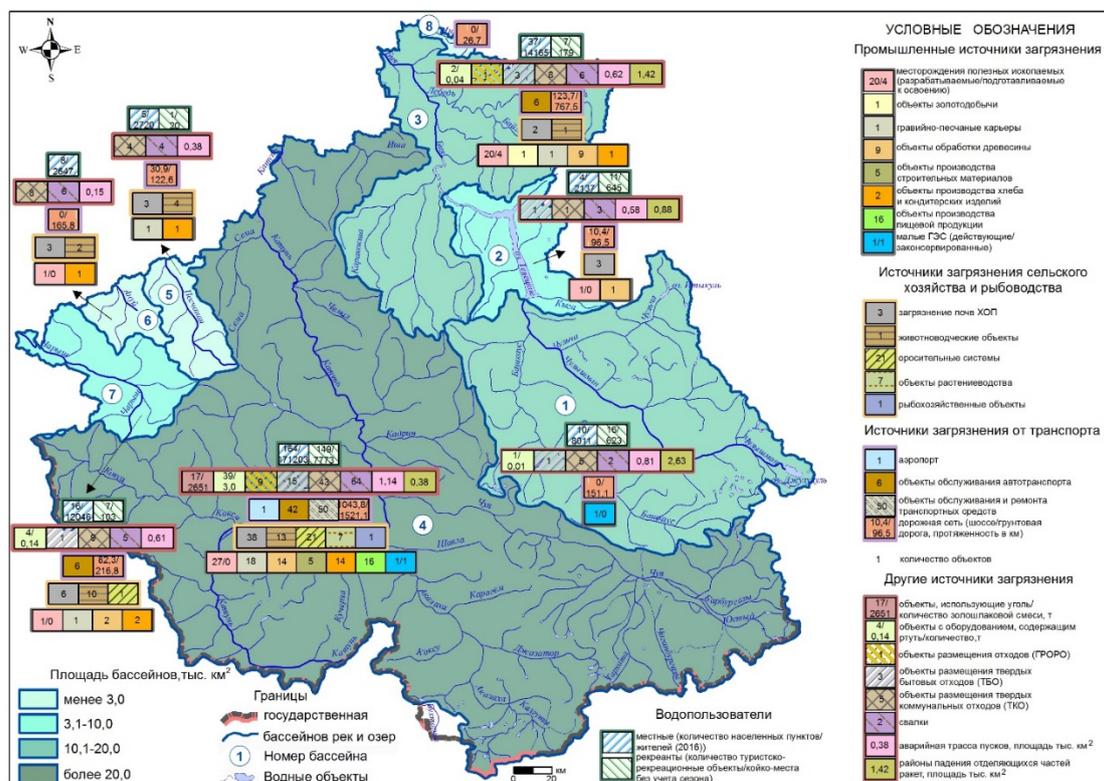
На основе водохозяйственной картографической БД на Республику Алтай создан водно-экологический ГИС-проект, включающий наборы данных, сгруппированных по темам: промышленные источники загрязнения; источники загрязнения от сельского хозяйства и рыбоводства; источники загрязнения от транспорта и т.д.

Визуальная оценка пространственного размещения источников загрязнения вод бассейнов рек и озер возможна по следующим сценариями:

- по отдельным видам источников загрязнения (промышленные, сельскохозяйственные и т.д.);
- по отдельным компонентам каждого вида источников загрязнения, например, отходы, образующиеся при разработке месторождения золота;
- комплексное отображение источников загрязнения вод (рис. 2).

Визуализация по последнему сценарию потребовала разработки специального условного знака, отображающего комплекс источников загрязнения вод. Такая подача информационного ресурса наглядно демонстрирует разнообразие источников антропогенного воздействия на водные объекты и позволяет сопоставить их количественное распределение по бассейнам рек и озер Республики Алтай (рис. 2).

Преимущество по площади в Республике Алтай имеет бассейн р. Катунь, именно ему принадлежит первенство по наибольшему разнообразию и количеству источников загрязнения вод. В воды данного бассейна попадают отходы почти от всех видов источников промышленного загрязнения. Здесь расположены объекты всех видов сельскохозяйственного загрязнения вод и рыбоводства, транспортной инфраструктуры и других источников загрязнения. В бассейне р. Катунь в сравнении с другими бассейнами региона расположено большее количество населенных пунктов, в том числе республиканский центр, проживающих местных жителей и рекреантов.



Следующим по количеству антропогенных источников является бассейн р. Бия. На его территории расположены, прежде всего, промышленные источники загрязнения, «другие» (объекты с оборудованием, содержащим ртуть, объекты размещения ГРОРО, ТБО и ТКО, свалки), проживает значительное количество местного населения и рекреантов (более 14 тыс. чел.). По наибольшему количеству сельскохозяйственных объектов выделяется бассейн р. Чарыш, здесь их насчитывается 17.

Оценивая бассейны по наличию источников загрязнения вод необходимо учитывать и водоохранную деятельность. Лидерство по общему количеству ООПТ, отображаемых на карте площадными и точечными объектами, по суммарной площади существующих и планируемых охраняемых территорий принадлежит бассейну р. Катунь. Однако, в процентном соотношении площадь ООПТ в бассейне (22,4 %) значительно уступает бассейну р. Чулышман (52,8 %). Существенное количество пунктов и объектов мониторинга планируется разместить в бассейнах рек Катунь, Бия и оз. Телецкое.

Обсуждение

Сбор данных, инвентаризация, описание и картографирование объектов исследования, формирование банка информации по территории – первый и обязательный этап каждого исследования, связанного с изучением антропогенного воздействия на водные объекты и их загрязнением [17-21]. Оценка пространственного размещения на территории источников загрязнения вод, позволяет рационально осуществить дальнейшую научно-исследовательскую деятельность по антропогенной нагрузке, а использование современных программных средств и ГИС-технологий – оптимизировать данный процесс.

Заключение

Предлагаемый методический подход картографической оценки антропогенных источников загрязнения вод в Республике Алтай позволил поэтапно выполнить исследование бассейнов рек и озер, а именно: проанализировать и систематизировать разнородные тематические данные антропогенного воздействия на территории региона, разработать концептуальную схему картографической БД ГИС и на платформе ArcGIS наполнить БД точечными, линейными и площадными векторными данными – объектами, являющимися потенциальными источниками загрязнения вод и их охраны; создать ГИС-проекты и получить серию водно-экологических картографических моделей пространственного размещения источников загрязнения.

Впервые была выполнена комплексная картографическая визуализация антропогенных источников загрязнения вод бассейнов рек и озер Республики Алтай (промышленных, сельскохозяйственных, рыбководческих, транспортных, при водопользовании населением и др.), а бассейны рек и озер исследуемого региона оценены по количеству источников загрязнения вод и деятельности по их охране. При этом оценочные показатели картографически интерпретированы с помощью условного знака, одновременно отображающего широкий спектр информации.

Установлено, что наибольшее суммарное количество разнообразных источников загрязнения вод, населенных пунктов с местными жителями и рекреантами размещается в бассейнах рек Катунь и Бия. По наибольшему суммарному количеству сельскохозяйственных объектов выделяется бассейн р. Чарыш.

Созданные водно-экологические картографические модели на территорию Республики Алтай наглядно демонстрируют разнообразие источников антропогенного воздействия на водные объекты, позволяют сопоставить их количественное распределение по бассейнам, оценить загруженность территорий объектами прямого и/или косвенного воздействия на воды, оптимизировать дальнейшую работу по изучению антропогенной нагрузки в бассейнах и разработать рекомендации по рациональному водопользованию и охране водных объектов.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН и Гранта РФФИ № 21-55-75002/21 «Разработка рекомендаций в целях устойчивого совместного использования почв и грунтовых (подземных) вод: принятие решений при поддержке и участии заинтересованных сторон».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Курепина Н.Ю. Опыт оценки антропогенной нагрузки в схемах комплексного использования и охраны водных объектов (на примере Обь-Иртышского бассейна) // Водное хозяйство России. 2011. №4. С. 42-52.
2. Годовой доклад о состоянии и об охране окружающей среды Республики Алтай в 2021 году. Горно-Алтайск, 2022. С. 18-28. URL: https://mail.mpr-ra.ru/docs/doklady/Doklad_2021.pdf (дата обращения: 15.04.2023).
3. Постановление Правительства Республики Алтай от 13 марта 2018 года № 60 "О Стратегии социально-экономического развития Республики Алтай на период до 2035 года" (с изменениями на 28 октября 2022 года). URL: https://altai-republic.ru/economy_finances/strategy-of-social-economic/ (дата обращения: 20.04.2023).
4. Нефедова Е.Г. Урбанизация как один из основных факторов повышения антропогенной нагрузки на водные экосистемы Воронежской области // Третьи виноградовские чтения. Грани гидрологии: Сб. докл. междунар. науч. конф. Санкт-Петербург: Изд-во «Научное издание технологий», 2018. С. 416-420.
5. Репкин Р.В., Лачин А.Г. Дифференциация бассейнов малых рек Владимирской области в результате воздействия различных антропогенных факторов на природные ландшафты // Экология речных бассейнов: тр. 9-й Междунар. науч.-практ. конф. Владимир, 2018. С. 237-242.
6. Коновалова Э.Е. Проблемы малых рек при обеспечении экологической безопасности // Вестник МАНЭБ. 2018. Т. 23. № 2. С. 92-94.
7. Меншиков А.В. Разработка методики составления электронных карт геоэкологического состояния водных объектов с использованием программ ГИС-технологий: на примере Московской водохозяйственной системы: автореф. дис. ...канд. геогр. наук. М.: Гос. ун-т по землеустройству, 2002. 24 с.
8. Ведухина В.Г. Геоинформационное картографирование антропогенной нагрузки на поверхностные воды и водосборные бассейны Алтайского края // Гео-Сибирь. 2005. Т. 4. С. 107-111.
9. Sujatha M., Asadi SS., Bramhaji Rao P. Water Pollution Prevention Study Using Remote Sensing and GIS // International Journal of Engineering and Innovative Technology. 2013. Vol. 3.

Iss. 5. URL: https://www.researchgate.net/publication/334783588_Water_Pollution_Prevention_Study_Using_Remote_Sensing_and_GIS (дата обращения: 27.03.2023).

10. Krishna, R., Iqbal, J., Gorai A.K., Pathak G., Tuluri F., Tchounwou P. B. Groundwater vulnerability to pollution mapping of Ranchi district using GIS. *Appl Water Sci* 5, 345–358 (2015). <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0198-2>.

11. Ротанова И.Н., Ведухина В.Г., Ловцкая О.В., Курепина Н.Ю. Геоинформационные системы для решения проблем водно-экологической безопасности: опыт на примере Обь-Иртышского бассейна // *Гео-Сибирь-2011: сб. материалов VII Междунар. науч. Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия, ч. 2. С. 129-133.*

12. Ротанова И.Н., Ловцкая О.В., Ведухина В.Г. Геоинформационное эколого-географическое воднобассейновое картографирование на примере водных объектов Верхней Оби // *География и природопользование Сибири. 2017. № 24. С. 101-111.*

13. Kurepina N., Rybkina I. GIS use in solving water supplying and water environmental problems of Urban Territories // *MATEC Web of Conferences* 170:04008, January 2018. DOI: 10.1051/mateconf/201817004008.

14. Maqsoom A., Aslam B., Alwetaishi M., Awais M., Hassan U., Maqsoom S., Alaloul W., Musarat, Bilel B., Hussein E. E. A GIS-Based Groundwater Contamination Assessment Using Modified DRASTIC Geospatial Technique // *Water* 2021, 13, 2868. <https://doi.org/10.3390/w13202868>

15. Республика Алтай: [сайт]. URL: https://altai-republic.ru/economy_finances/social-economic-situation/ (дата обращения: 30.03.2023).

16. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы РА на 15.03.2023. ВСЕГЕИ, ГИС-Атлас «Недра России». URL: <http://atlaspacket.vsegei.ru/#83b11739008e01fa6> (дата обращения: 01.04.2023).

17. Пициль А.О. Оценка диффузного загрязнения водных объектов на городских территориях // *Естественные и математические науки в современном мире. 2013. № 8. С. 95-101.*

18. Елохина С.Н., Киндлер А.А., Кононученко А.И. К вопросу паспортизации отработанных горных выработок // *Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций: сб. тр. конф. М.: РУДН, 2015. С. 33-37.*

19. Гурьев В.А., Ахмадиев Г.М. Научные основы и принципы сохранения и предотвращения загрязнения реки Волги // *Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. № 1. С. 132-136.*

20. Поздняков Ш. Р., Шагидуллин Р. Р., Кондратьев С. А., Брюханов А. Ю., Шмакова М. В., Обломкова Н. С., Горшкова А. Т., Иванов Д. В., Горбунова Ю. В., Урбанова О. Н., Бортникова Н. В. Инвентаризация источников внешней антропогенной нагрузки на Куйбышевское водохранилище // *Труды Карельского научного центра РАН. № 4. 2020. С. 125-138. DOI: 10.17076/lim1139.*

21. Беспалова Е.В. Инвентаризация антропогенных источников загрязнения Воронежского водохранилища // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2019. № 1. С. 77-85.*

© Н. Ю. Курепина, 2023