

Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

Научная статья

УДК 504.4.054

<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2022-1/104-111>

М.Н. Шевцов, Д.В. Мишкин

ШЕВЦОВ МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ – д.т.н., профессор, заслуженный эколог России, исполняющий обязанности заведующего кафедрой, 000458@pnu.edu.ru

МИШКИН ДЕНИС ВЛАДИМИРОВИЧ – аспирант, 944664@mail.ru✉

Кафедра инженерных систем и техносферной безопасности

Тихоокеанский государственный университет

Хабаровск, Россия

Экологическая оценка водных ресурсов города Хабаровск

Аннотация: Актуальность темы определяется наличием проблемы экологической безопасности поверхностных водных объектов города Хабаровск и необходимостью обеспечения нормативного качества питьевой воды. Быстрые темпы индустриализации, высокая плотность населения и ветхая инфраструктура города приводят к серьёзному загрязнению окружающей среды. Загрязнение водной среды в пределах Хабаровска вызвано сбросами неочищенных сточных вод, в том числе и тем, что на р. Амур в последние годы увеличилось количество паводков и наводнений. Рассмотрено экологическое состояние р. Амур как одного из основных источников водных ресурсов Хабаровска. Авторами был проведен экологический мониторинг качества водных источников в пределах города. Для проверки результатов мониторинга использовались натурные данные отборов проб и их анализ в лабораториях Хабаровска. В ходе исследования была выявлена зависимость качества водных источников в пределах города Хабаровск от разности условий и степени загрязнения воды р. Амур. Таким образом, были выявлены основные проблемы в сфере водопользования Хабаровска, такие как сохранение прямого сброса сточных вод отдельными потребителями в поверхностные водные объекты без очистки.

Ключевые слова: водные ресурсы, загрязнение водных ресурсов, водопользование города, водные объекты, экологическая оценка

Для цитирования: Шевцов М.Н., Мишкин Д.В. Экологическая оценка водных ресурсов города Хабаровск // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2022. № 1(50). С. 104–111. <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2022-1/104-111>

Введение

Основным источником водных ресурсов в городе Хабаровск является р. Амур. Забор воды из Амура составляет 98% от общего объема водопользования Хабаровска. На производственных объектах осуществляются процессы водоподготовки, после которых вода питьевого качества поступает потребителям. Периодически фиксируются случаи экстремально высокого и высокого загрязнения поверхностных водных объектов. Основными загрязнителями считаются марганец, цинк, азот нитритный, растворенный кислород. Проблема водопользования связана с тем, что группы водопользования не соблюдают установленные регламентированные правила по водопользованию. Соответственно, возникает вопрос о качестве воды, которая используется жителями города в различных целях. В настоящей статье авторами проведена экологическая оценка водных ресурсов г. Хабаровск.

Экономика Хабаровского края многопрофильна, она базируется на развитом и диверсифицированном промышленном производстве, транспортном обслуживании магистральных грузопотоков. Наибольший удельный вес в структуре валового регионального продукта края

занимают транспорт и связь (23%), промышленное производство (21%), торговля и общественное питание (17%). Доля таких видов деятельности, как строительство, сельское и лесное хозяйство, невелика – около 5%. Надо отметить, что более 75% всей промышленности края приходится на обрабатывающие отрасли. Хабаровский край производит около 30% продукции обрабатывающей промышленности Дальнего Востока; при этом около трети ее приходится на металлургию, около четверти – на машиностроение [8].

Основу водных ресурсов Хабаровска составляет р. Амур. Частые наводнения и паводок – это важные факторы переноса терригенного материала и химических загрязнителей. Неравномерный сток различных веществ в низовья крупных рек значительно возрастает в районах с муссонным климатом, где наводнения могут быстро развиваться из-за обильных осадков. В результате загрязняющие вещества, накопившиеся в бассейне реки за долгое время, смываются в реку.

Амур имеет широкое русло, что объясняет значительную неоднородность распределения веществ в воде по профилю водотока. Во время больших паводков аллювиальные равнины уходят под воду, что усложняет течения и создает различные условия для переноса и накопления терригенного материала и химических загрязнителей. Типичное для больших рек разветвление также способствует неравномерному распределению различных веществ по ширине водотока. Во время паводков русло Амура значительно изменяется, что может иметь неблагоприятные последствия для их хозяйственного использования. Проблема неустойчивости русла и активного чередования участков разветвления особенно актуальна в районе Хабаровска.

Хабаровск относится к числу городов, в которых водозабор напрямую связан с рекой и необходимостью обеспечения городского населения водными ресурсами. Итогом того, что долгое время в развитии города преобладал метод последовательного заполнения наиболее благоприятных приречных территорий объектами промышленности, транспорта, жилья в условиях отсутствия комплексной стратегии преобразования, возникла ситуация, в которой городу требуется реконструкция береговой зоны для дальнейшего водозабора и бесперебойного снабжения водой города с населением 616 372 чел. (по данным на 2020 г.) [10].

Подробно изучено содержание различных химических веществ в водах р. Амур и их многолетняя динамика. Наводнения являются особой фазой водного режима, но их влияние на терригенный и химический сток остается недостаточно изученным, особенно те, которые связаны с конкретными гидрологическими факторами, типичными для разветвленных водотоков [2]. В отличие от результатов, полученных государственной службой мониторинга, такие исследования распределения загрязняющих веществ в русле реки помогают установить его неравномерность, что имеет решающее значение для точной оценки объемов стока различных компонентов и состояния окружающей среды крупных рек.

Методы и результаты исследования

Наши исследования проводились во время летних и осенних средних паводков – с середины июля до первой трети октября. Максимальный наблюдаемый расход воды составил 12–20 тыс. м³/с. В районе Хабаровска пробы воды отбирались вверх по течению от города, на водотоках, расположенных в границах населенных пунктов – сел Новотроицкое, Осиновая речка, Корсаково-1 и Корсаково-2, с интервалом 100 м по всей ширине русла (1700 м). На каждой из вертикалей отбирались пробы с приповерхностных уровней (рис. 1).

Отбор проб производился в соответствии с требованиями ГОСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006 «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа»). Согласно требованиям п. 6.4. поверхностные пробы отбирались с глубины 10–30 см от поверхности воды или от нижней кромки льда, далее пробы помещались в стеклянную стерильную посуду. Чтобы оценить влияние крупного притока на распространение различных веществ по ширине реки во время паводка, образцы были взяты из р. Амур в 15 км вверх по течению от Хабаровска и в 12 км вниз по течению от слияния р. Уссури.

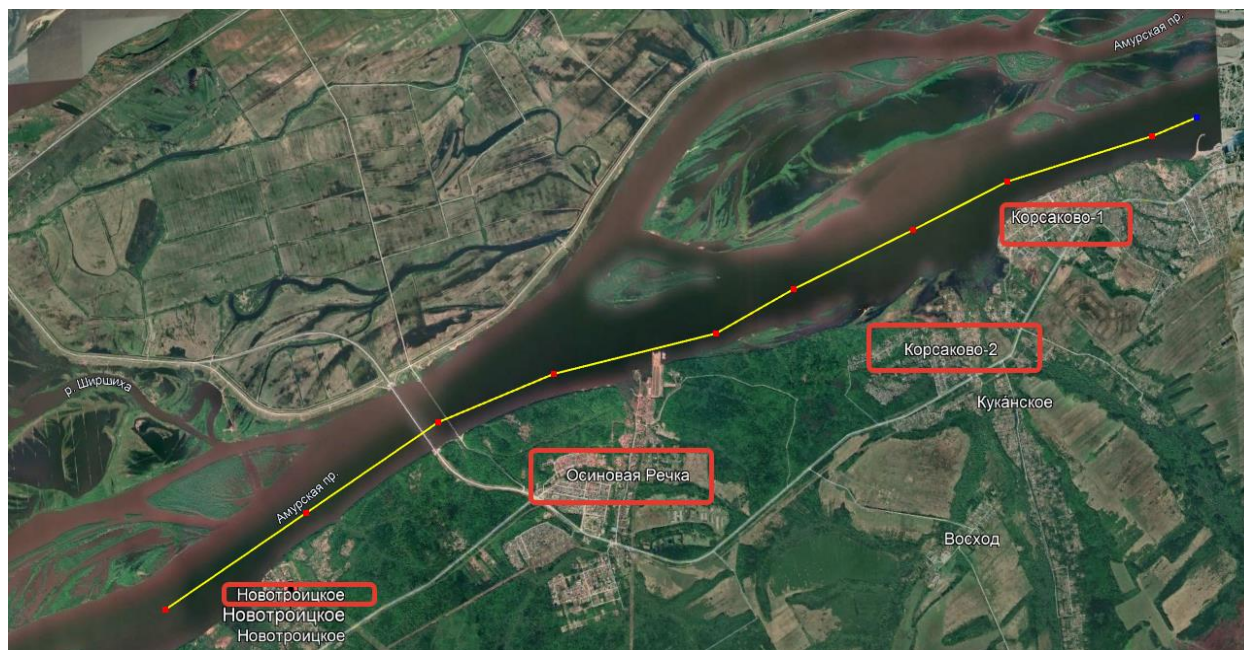


Рис. 1. Места отбора проб на водотоках, расположенных в границах населенных пунктов – сел Новотроицкое, Осиновая речка, Корсаково-1 и Корсаково-2

Анализ тяжелых металлов осуществлялся в региональной лаборатории аналитического контроля Федерального государственного территориального банка данных по природным ресурсам и охране окружающей среды Дальневосточного федерального округа. Мутность воды измеряли в лаборатории Института водных и экологических проблем ДВО РАН. Оценка состояния гидротехнических сооружений в русле р. Амур под воздействием катастрофических паводков 2013 и 2019 гг. проводилась на основе анализа изменений морфологических и морфометрических параметров русла реки до и после наводнения по спутниковым фотографиям и прямым изображениям.

Ключевым фактором, обуславливающим значительную неоднородность распределения взвешенных и растворенных веществ в водотоке, является большая пропорция ширины реки к ее глубине, которая для Амура составляет 250–300. В таких условиях перемешивание вод затруднено и неравномерное распределение различных веществ по течению сохраняется на значительном расстоянии. Это явление отчетливо проявляется ниже притока крупных притоков и при попадании в реку крупных стоков из крупных городов, особенно городов, расположенных на одном из берегов, а также при авариях, сопровождающихся массовым сбросом загрязняющих веществ в реку [4].

Еще одним важным фактором неравномерного содержания различных веществ в водотоке являются морфологические особенности русел рек. Руслу крупных рек в их нижнем течении обычно характеризуются сложным разветвлением. Для Амура количество ответвлений может достигать 10–12, а их длина – нескольких десятков километров. Например, длина р. Амур у Хабаровска составляет 60 км, а длина р. Старый Амур в районе Мариинского – 80 км. Ветви помогают сохранить неоднородность загрязнений через водоток на значительном расстоянии.

Явление направленного накопления осадков, как важное условие переноса терригенного материала, характерно для нижнего течения многих крупнейших рек мира, включая Амур, Янцзы, Амазонку. Это явление вызывает частое и интенсивное перераспределение стока наносов между рукавами и способствует накоплению большого количества наносов на аллювиальных равнинах, которые служат источником вторичного загрязнения реки [7].

В течение года сток взвешенных наносов в р. Амур крайне неравномерен. Максимум он достигает в период открытой поверхности. Весной и летом (с апреля по сентябрь) сток наносов достигает 87% от годового значения, а в отдельные годы может увеличиваться до

91%. Это связано с тем, что аллювиальные отложения быстро размываются во время паводков. Наибольшая мутность воды наблюдается во время паводков Амура и его крупнейших притоков. В маловодные годы содержание взвешенных веществ в воде невелико из-за более слабой эрозии аллювиальных отложений [1].

Мутность воды в поперечном разрезе водотока выше Хабаровска очень неравномерна: во время паводка она колеблется от 26 до 221 мг/дм³ при расходе 11 700 м³ и достигает максимальных значений у правого берега. Такое распределение объясняется влиянием крупного притока – р. Сунгари, которая впадает в Амур справа на 270 км выше по течению. Во время паводка мутность воды при расходе 12 900 м³/с распределялась более равномерно и варьировала от 29 до 86 мг/дм³, причем верхние значения наблюдались также у правого берега. Средняя мутность воды во время подъема паводка в 2–3 раза выше, чем во время падения при примерно равных расходах воды (табл. 1).

Таблица 1

Мутность воды р. Амур в разные фазы паводка, мг/дм³

Фаза паводка	Хабаровск	Комсомольск-на-Амуре
Рост наводнения	158,1	100,4
Падение наводнения	51,8	44,7

Во время паводков аллювиальные равнины полностью погружаются под воду, что приводит к накоплению огромного количества наносов в них и аллювиальных озерах. Во время паводка 2013 г. вдоль берегов образовались широкие уступы длиной 70–500 м в тех местах, где был мощный водный поток, выходящий на аллювиальную равнину. Эти уступы состояли из мелкого и плотного песка мощностью до 1,2 м у берега. Далее к аллювиальной равнине мощность песчаных отложений постепенно уменьшалась. Песчаные отложения сменялись песчаными глинами размером 1–2 см в 100–150 м от уступа аллювиальной равнины. Мощность суглинистых иловых отложений в недрах аллювиальных островов составляла 0,2–1,0 мм.

Притоки Амура в значительной степени влияют на мутность его воды. Например, в межень летом 1998 г. мутность воды перед слиянием рек Амур и Сунгари менялась от 20 до 40 г/м³. В это же время разливалась р. Сунгари и мутность воды в Амуре ниже сочленения Сунгари достигала 417 г/м³. Во время летнего паводка 2009 г. эти параметры составили 50 и 700–800 г/м³ соответственно [10]. Вдоль р. Амур от Хабаровска до ее нижнего течения содержание взвешенных веществ в целом снижалось. Это было вызвано уменьшением скорости течения в связи с увеличением полезного сечения потока и особенностями направленного накопления наносов. Данные натурных наблюдений в различные фазы водного режима показывают, что ниже по течению мутность воды снижается в среднем на 30–35%.

Крупные притоки также обуславливают существенные различия значений мутности воды по ширине Амура. В районе Хабаровского железнодорожного моста через Амур наблюдается приток немутной воды из Зейского и Буреинского водохранилищ по левому берегу реки. Повышенная мутность воды в середине Амура определяется высокой мутностью р. Сунгари, а узкий участок чистой воды вдоль правого берега – притоком немутных вод р. Усури.

Распределение тяжелых металлов в поперечном сечении крупных рек очень неравномерно, что также можно объяснить неблагоприятными условиями для смешивания вод в широких и мелководных руслах. Когда загрязняющие вещества из притоков попадают в реку, их повышенное содержание наблюдается на протяжении нескольких сотен километров. Детальный анализ распределения нитробензола из р. Сунгари по ширине Амура после аварии на химическом заводе в г. Цзилинь (Китай) в 2005 г. показал, что загрязняющее вещество полностью растворилось в 550 км ниже по течению Амура [6].

Содержание различных веществ в поперечном сечении водной струи характеризуется значительными колебаниями. Анализ распределения тяжелых металлов по ширине р. Амур в районе Хабаровска показал, что величина неравномерности, измеренная при соотношении максимального и минимального содержаний компонента, находится в пределах 1,3–3,5 (табл. 2).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов по ширине р. Амур, мг/дм³

Показатели	Zn	Cu	Pb	Ni
Данные измерений	0,029–0,101	0,003–0,009	0,003–0,006	0,003–0,004
Индекс однородности	3,5	3,0	2,0	1,3

Наличие тяжелых металлов в воде измерялось во время различных фаз паводка. В Амуре под Хабаровском содержание тяжелых металлов было следующим: во время подъема в воде было меньше цинка и меди, чем во время падения (в 1,5 и 2,0 раза соответственно), а для свинца и никеля картина была противоположной (в 2,5 и 18,0 раз соответственно).

Наиболее кардинальные преобразования разветвленных участков Амура происходят во время крупных паводков. В последнее десятилетие в Амурской области было два таких наводнения – в 2013 и 2019 гг. Это вызвало существенную трансформацию русла реки и перераспределение стока между рукавами. Крупные аккумулятивные образования в разветвленном течении реки во время паводков и их постоянное смещение вниз по течению отрицательно влияют на инфраструктуру населенных пунктов. Безопасная эксплуатация водозаборов, мостов, автомагистралей и железных дорог, расположенных на аллювиальных равнинах, часто оказывается под угрозой. Хорошим примером является отсутствие сливных сооружений на железнодорожных и автомобильных насыпях, расположенных на левобережной аллювиальной равнине недалеко от Хабаровска. Это вызвало значительный подъем уровня воды в городе во время катастрофического наводнения на Амуре в 2013 г. [3]

Эволюция русла рек вблизи крупных городов, таких как Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре, негативно сказывается на местном населении и экономической активности. В 2005–2006 гг. в районе Хабаровска, на месте ручьев Пемзенская и Бешеная, были построены крупные гидротехнические сооружения (водосливные дамбы) для предотвращения нежелательного перераспределения водотока, а на участках Амура с интенсивной боковой эрозией были сооружены берегоукрепительные дамбы протяженностью 5 км. Эти плотины выполнены в виде груд камней без дополнительных креплений. Их работа показала, что метод насыпи недостаточно эффективен для обеспечения устойчивости берегоукрепления. Плотины перелива, состоящие из крупных камней, постоянно разрушаются во время паводков и весенних ледоходов, что требует регулярного восстановления.

Неустойчивый режим водотока на разветвленных участках р. Амур характеризуется перераспределением водотока между рукавами, интенсивным размывом берегов и береговой инфраструктуры. В настоящее время все более актуальной становится проблема технологической стабилизации русла Амура для смягчения негативных последствий деформаций водотока, сохранения условий использования природных ресурсов в районе города и обеспечения стабильного водоснабжения Хабаровска.

Существенные различия условий и степени загрязнения воды р. Амур можно объяснить гидрологическими и гидроморфологическими параметрами реки. Такие факторы, как высокая пропорция ширины водотока к его глубине, наличие крупных притоков и разветвленность русла реки, оказывают сильнейшее влияние на неоднородность распределения терригенных и химических веществ по длине и ширине реки.

Во время нарастания дождевых паводков в водотоки поступает большое количество взвешенных и других химических веществ, смываемых с поверхности земли в бассейн реки. Во время паводка содержание загрязняющих веществ при аналогичных значениях расхода воды значительно ниже. Пространственная неоднородность распределения загрязняющих веществ на разных участках реки затрудняет эффективный и обоснованный экологический мониторинг р. Амур [9].

Для оценки рисков, связанных с неблагоприятными последствиями изменения русла рек в районе Хабаровска и Комсомольска-на-Амуре, необходимо постоянно контролировать соответствующие водотоковые процессы и состояние гидроузлов [5].

Заключение

Исходя из вышеизложенного можно выделить общие для различных групп потребителей основные проблемы водопользования.

1. Недостаточность стимулирующих механизмов, способствующих рациональному водопользованию для различных групп потребителей ресурса.

2. Не в полной мере разработаны организационно-экономические механизмы, способствующие эффективному функционированию взаимосвязанных систем «предприятие водопроводно-канализационного хозяйства» – «водопользователи региона».

3. Низкая инновационная активность в сфере водопользования всех групп потребителей водных ресурсов.

4. Слабая реализация принципов ресурсосбережения и энергоэффективности в водоемких и энергоемких отраслях производства.

5. Аналитические и цифровые подходы при работе с различными группами потребителей используются незначительно, поэтому зачастую не дают достоверных результатов и не позволяют в полной мере использовать их для повышения эффективности взаимодействия.

Были определены основные проблемы и в сфере водопользования Хабаровска.

1. Значительные объемы сброса загрязненных сточных вод без очистки отдельными потребителями в поверхностные водные объекты.

2. Относительно высокие (по сравнению с другими регионами) тарифы на водоснабжение и водоотведение.

3. Значительный объем неэффективно используемых водных ресурсов, в том числе за счет высокого процента технических и экономических потерь воды при ее реализации потребителями.

Важно отметить, что 72% повреждений водопроводной сети МУП «Водоканал» г. Хабаровск сегодня происходит по причинам, которые можно было бы полностью или в значительной мере предотвратить в случае реализации всего комплекса регламентированных мероприятий при финансовом, техническом и организационном их обеспечении. Было установлено, что в отсутствие резервных устройств водоотведения действия МУП Хабаровска «Водоканал», направленные на реконструктивные работы на ГНС в условиях вынужденного сброса стоков, можно считать на 100% оправданными [11].

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеева А.Ф. Социально-природные и социо-эколого-экономические модели, созданные с помощью метода агентного моделирования // Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова. 2018. № 4(100). С. 100–115. URL: <https://vest.rea.ru/jour/issue/view/24/showToc> (дата обращения: 02.11.2021).
2. Бабкин А.В., Блошенко М.В., Буйко А.Г. Цифровая экономика и сквозные технологии: теория и практика. Санкт-Петербург: Политех-пресс, 2019. 622 с.
3. Бездудная А.Г., Разумовский В.М., Фраймович Д.Ю. Диагностика пространственных аспектов и факторов инновационного развития регионов. Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭУ, 2018. 217 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35628898> (дата обращения: 02.11.2021).
4. Бейсембин К.Р., Мынбаев, М.С. Интегрированное управление водными ресурсами Казахстана // Фундаментальные прикладные исследования: проблемы и результаты. 2016. № 26-1. С. 29–33. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26104290> (дата обращения: 03.11.2021).
5. Данилов-Данильян В.И., Водные ресурсы России: состояние, использование, охрана, проблемы управления // Экономика. Налоги. Право. 2019. № 5. С. 18–32.
6. Иманов Ф.А. Разработка плана распределения поверхностных водных ресурсов для речных бассейнов Северо-восточного склона малого Кавказа // Водное хозяйство России. 2020. № 5. С. 74–92. DOI: 10.35567/1999-4508-2020-5-5
7. Косолапова Н.А. Математический инструментарий стратегического управления водными ресурсами региона // Terra Economics. 2020. Т. 12, № 2. С. 192–196.

8. Ларионов В.Г., Трейман М.Г. Интеллектуальное управление энергопотреблением на водопроводных станциях на примере Филиала «Водоснабжение» ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Экономика. 2020. № 4. С. 7–14.
9. Ларионов В.Г., Трейман М.Г. Исследование рисков инновационной деятельности, характерных для предприятий водопроводно-канализационного хозяйства // Инновации в менеджменте. 2020. № 4. С. 32–39.
10. Мишкин Д.В., Шевцов М.Н. Обоснование необходимости реконструкции береговой зоны в целях безаварийной эксплуатации объектов водоснабжения // Новые идеи нового века: материалы 21-й Международной научной конференции. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2021. Т. 3. С. 373–379. URL: <https://xn--h1akh0a.xn--p1ai/contents.asp?titleid=37523> (дата обращения: 11.10.2021).
11. Мишкин Д.В., Шевцов М.Н. К вопросу о целесообразности реконструкции очистных сооружений в условиях отсутствия шибберного устройства // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплекса: материалы национальной научно-практической конференции. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2020. Вып. 20. С. 367–369. URL: https://pnu.edu.ru/media/filer_public/00/0f/000ffa07-067a-40cd-bb18-71d9d275ae47/_2020_.pdf (дата обращения: 27.10.2021).
12. Оболдина Г.А. Альтернативный подход к методологии экологического нормирования // Водное хозяйство России. 2020. № 6. С. 63–86. DOI: 10.35567/1999-4508-2020-6-4

FEFU: SCHOOL of ENGINEERING BULLETIN. 2022. N 1/50

Ecological Safety of Construction and Municipal Economy

www.dvfu.ru/en/vestnikis

Original article

<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2022-1/104-111>

Shevtsov M., Mishkin D.

MIKHAIL N. SHEVTSOV, Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Honored Ecologist of Russia, Acting Head of the Department, 000458@pnu.edu.ru

DENIS V. MISHKIN, Postgraduate Student, 944664@mail.ru
Department of Engineering Systems and Technosphere Safety
Pacific State University
Khabarovsk, Russia

Ecological assessment of water resources of the Khabarovsk city

Abstract: The problem of environmental safety of the surface water bodies in Khabarovsk city and the need to ensure the quality of drinking water determine the relevance of the present study. The rapid industrialization, high population density and old city infrastructure have led to serious environmental pollution. Pollution of the aquatic environment within Khabarovsk is caused by untreated sewage, as well as the increased number of floods and freshet on the Amur River in recent years. The article considers the ecological state of the Amur River as one of the main sources of Khabarovsk water resources. The authors have carried out environmental monitoring of the water sources' quality within the city. To verify the results sample collection of field data and their analysis in the laboratories of Khabarovsk were used. The study revealed the dependence of Khabarovsk water sources' quality on the differences in conditions and the degree of water pollution of the Amur River. The main problems of water use in Khabarovsk were identified, such as, for example, the continued direct discharge of untreated wastewater by individual consumers into surface water bodies.

Keywords: water resources of Khabarovsk, water pollution, water use, water bodies, environmental assessment

For citation: Shevtsov M., Mishkin D. Ecological assessment of water resources of the Khabarovsk city. FEFU: School of Engineering Bulletin. 2022;(50):104-111. (In Russ.). <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2022-1/104-111>

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

REFERENCES

1. Ageeva A. Socio-natural and socio-ecological-economic models created using the agent-based modeling method. Bull. of the PRUE G.V. Plekhanov. 2018;(4):100-115. DOI: 10.21686/2413-2829-2018-4-100-115
2. Babkin A., Bloshenko M., Buyko A. Digital economy and end-to-end technologies: theory and practice. St. Petersburg, Polytech Press, 2019, 622 p.
3. Bezudnaya A., Razumovsky V., Fraimovich D. Diagnostics of spatial aspects and factors of innovative development of regions. St. Petersburg, Publishing house of the St. Petersburg State University of Economics, 2018. 217 p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35628898> – 02.11.2021.
4. Beisembin K., Mynbaev M. Integrated water resources management in Kazakhstan. Fundamental applied research: problems and results. 2016;(26-1):29-33.
5. Danilov-Danilyan V. Water resources of Russia: state, use, protection, management problems. Economics. Taxes. Right. 2019;(5):18-32.
6. Imanov F. Development of the plan of distribution of surface water resources for river basins of the north-eastern slope of the lesser caucasus. Water Sector of Russia. 2020;(5):74–92. DOI: 10.35567/1999-4508-2020-5-5
7. Kosolapova N. Mathematical tools for strategic water resources management in the region. Terra Economics. 2020;12(2):192-196.
8. Larionov V., Treiman M. Intelligent management of energy consumption at waterworks by the example of the Branch "Water Supply" of the State Unitary Enterprise "Vodokanal of St. Petersburg". Bull. of the Astrakhan State Technical University. Series: Economics. 2020;(4):7-14.
9. Larionov V., Treiman M. Investigation of the risks of innovation activity typical for enterprises of the plumbing and sewage sector. Innovations in management. 2020;(4):32-39.
10. Mishkin D., Shevtsov M. Justification of the need for reconstruction of the coastal zone for the purpose of accident-free operation of water supply facilities. New ideas of the new century: materials of the Twenty-first International Scientific Conference. Khabarovsk, Publishing House of TOGU, 2021. 373–379 p. URL: <https://xn--h1akh0a.xn--p1ai/contents.asp?titleid=37523> – 11.10.2021.
11. Mishkin D., Shevtsov M. To the question of the expediency of the reconstruction of treatment facilities in the absence of a gate device. Far East: problems of the development of the architectural and construction and road transport complex: materials of the national scientific and practical conference. Khabarovsk, PNU Publishing House, 2020. 367-369 p. URL: https://pnu.edu.ru/media/filer_public/00/0f/000ffa07-067a-40cd-bb18-71d9d275ae47/_2020_.pdf – 27.10.2021.
12. Oboldina G. Alternative approach to the methodology of ecological normalization. Water Sector of Russia. 2020;(6):63-86. DOI: 10.35567/1999-4508-2020-6-4