

**ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОТОКОВ  
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ  
НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ВТОРАЯ РЕЧКА  
(ВЛАДИВОСТОК, ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)**

**Т.С. Вшивкова<sup>1,2</sup>, Т.В. Никулина<sup>1</sup>, С.В. Клышевская<sup>1</sup>, К.А. Дроздов<sup>3</sup>, Е.А. Жарикова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия. E-mail: vshivkova@biosoil.ru

<sup>2</sup>Дальневосточный федеральный университет, пос. Аякс, 10, о-в Русский, г. Владивосток, 690922, Россия. E-mail: vshivkova.tse@dvfu.ru

<sup>3</sup>Тихоокеанский институт биоорганической химии имени Г.Б. Елякова ДВО РАН, пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия. E-mail: drovsh@yandex.ru

Проблемы сокращения биоразнообразия и деградации водотоков на урбанизированных территориях тихоокеанского побережья России вызывают озабоченность и требуют незамедлительных решений. Однако до настоящего времени влияние антропогенных факторов на изменения русловых процессов и водную биоту городских водотоков, расположенных в зоне муссонного климата, всё ещё плохо изучено. Недостаточно разработаны методы и критерии оценки качества вод по химическим, микробиологическим и гидробиологическим показателям, что приводит к противоречивым результатам при комплексных исследованиях. Для устранения этих противоречий и понимания процессов, происходящих в городских водотоках, был инициирован проект по комплексному изучению изменений абиотических и биотических параметров вдоль русла в условиях антропогенного импакта. Знание закономерностей изменения речных экосистем в условиях стресса особенно важно для разработки стратегий по их восстановлению. В качестве модельного водотока выбрана малая река Вторая Речка, расположенная в центре агломерации Владивосток и протекающая через зоны с различным уровнем антропогенного импакта.

**PROBLEMS OF STREAM POLLUTION LOCATED  
IN URBANIZED TERRITORIES AND WAYS OF SOLUTION  
ON THE VTORAYA RECHKA RIVER EXAMPLE  
(VLADIVOSTOK, PRIMORYE TERRITORY)**

**T.S. Vshivkova<sup>1,2</sup>, T.V. Nikulina<sup>1</sup>, S.V. Klyshevskaya<sup>1</sup>, K.A. Drozdov<sup>3</sup>, E.A. Zharikova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: vshivkova@biosoil.ru

<sup>2</sup>Far Eastern Federal University, Russky Island, 10 Ajax Bay, Vladivostok, 690922, Russia. E-mail: vshivkova.tse@dvfu.ru

<sup>3</sup>G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: drovsh@yandex.ru

The problems of degradation of the Pacific Coast of Russia urban streams are of concern and require immediate solutions. However, to date, the influence of anthropogenic factors on changes in riverbed processes and the aquatic biota of affected watercourses located in the monsoon climate zone is still insufficiently studied. Methods and criteria for assessing water quality by chemical, microbiological and hydrobiological parameters are

not sufficiently developed, that leads to contradictory results in complex studies. In order to eliminate these contradictions and understand the processes occurring in streams under environmental pressure, a project was initiated to comprehensively study changes of abiotic and biotic parameters along the urban watercourse and identify the trend of these changes, that is important for the development of strategies for restoring streams in urbanized areas. The small river Vtoraya Rechka, located in the center of the Vladivostok agglomeration and flows through zones with different anthropogenic impact, was chosen as a model watercourse.

## Введение

На протяжении всей истории люди селились в районах с высоким биоразнообразием – на морских побережьях, вдоль речных русел. В настоящее время в этих районах находятся крупнейшие городские центры, где биоразнообразие подвергается все большему риску из-за эскалации кумулятивных угроз.

Определение стратегий управления направленных на сохранение находящихся под угрозой исчезновения видов и ландшафтов в урбанизированных прибрежных областях и обеспечение эффективного управления и контроля над их осуществлением, становится первостепенной задачей (Kehoe et al., 2020).

Хотя площадь урбанизированных территорий составляет чуть более 1% суши, на них концентрируется более 45% населения мира, производится почти 80% ВВП, а выбросы в атмосферу составляют около 80%. Для таких территорий характерны в основном те же группы загрязнителей, что и в агро- или горнодобывающих районах: различные твёрдые отходы, газообразные выбросы в атмосферу, индустриальная пыль, хозяйственно-бытовые и промышленные стоки. Но существует важное отличие – чрезвычайная концентрация источников загрязнения и поллютантов на ограниченной территории и, как следствие, высокое негативное влияние на окружающую среду и здоровье населения. В нашей стране более 50 млн человек проживают в бассейнах малых рек, вода которых интенсивно используется на бытовые, жилищно-коммунальные нужды, для сельскохозяйственного и промышленного обеспечения. Подавляющее большинство городских водотоков воспринимаются жителями и муниципальными властями как место свалки, сброса загрязнённых вод, побережья часто используются под застройку. Вопрос ответственности за состояние малых рек в России до сих пор не решён, что является главным препятствием для осуществления охранных и восстановительных мероприятий.

В Приморском крае крупнейшим урбанизированным районом является п-ов Муравьева-Амурского, особенно его южная часть, где расположен центр агломерации Владивосток. На территории полуострова имеются как почти полностью деградированные реки (р. Вторая Речка, р. Объяснения), так и водотоки, которые практически не пострадали от деятельности человека. Для понимания гидрологических и биологических процессов, происходящих в речных экосистемах, находящихся в зоне антропогенного влияния, необходимо провести детальные исследования импактных и фоновых рек, выяснить тренды изменений. Это важно для разработки эффективных стратегий по восстановлению городских водотоков. В качестве модельной деградированной речной экосистемы была выбрана р. Вторая Речка, расположенная в южной части п-ова Муравьева-Амурского в центре мегаполиса Владивосток.

Первые сведения о биоте и экологическом состоянии р. Вторая Речка известны из работ Богатова (1994); Саенко (2005); Засыпкиной (Шарый-оол) (2000); Медведь и Черепановой (2004). Затем, эти работы продолжились в рамках программ, направленных на развитие эффективных стратегий по охране пресных вод с привлечением

общественности (Вшивкова, 2006; Vshivkova et al., 2003, 2014, 2016; Morse et al., 2007). Исследования носили нерегулярный характер и охватывали в основном среднюю и нижнюю часть водотока, сборы водных организмов осуществлялись спорадически в 2007, 2014, 2016, 2017 годах, одновременно проводилась оценка основных абиотических параметров среды, периодически отбирались пробы на химический анализ. Результаты были опубликованы частично (Вшивкова и др., 2008, 2017; Мурашова и др., 2016).

Целью настоящей работы было комплексное изучение современного экологического состояния бассейна р. Вторая Речка, так как с 1990-х годов прошли значительные изменения в освоении территории с вектором, направленным в негативную сторону. Авторами инициирован долговременный комплексный проект «Ревитализация р. Вторая Речка» по всестороннему изучению биоты и эколого-санитарного состояния водотока. В перечень исследуемых параметров включены гидрологические, химико-микробиологические и гидробиологические характеристики воды и прибрежных почв вдоль руса реки от истока к устью, оценка степени нарушенности прибрежных территорий и лесного покрова, выявление источников загрязнения воды и почв, причин техногенных нарушений русла и других процессов, негативно влияющих на состояние реки и водоохранной зоны. Особенное внимание уделяется изучению биоразнообразия наземных и водных растений и животных, выявление и картирование редких и краснокнижных видов.

### Район исследований

*Полуостров Муравьева-Амурского* расположен в заливе Петра Великого Японского моря, является самым крупным в Приморском крае; с запада омывается Амурским заливом, с востока – Уссурийским (координаты полуострова: 43°09' с.ш., 131°59' в.д.) (рис. 1). На полуострове расположена основная часть мегаполиса Владивосток. Длина полуострова по линии северо-восток–юго-запад составляет 35 км. На границе с материком (от бух. Тростниковой до бух. Муравьиной) ширина полуострова составляет 17 км, ширина южной части от Спортивной Гавани до бухты Тихая – 9 км. Площадь полуострова – 414 км<sup>2</sup>. Рельеф представлен умеренно



Рис. 1. Полуостров Муравьева-Амурского и бассейн р. Вторая Речка (оконтурен красным эллипсом)

расчленённым низкогорьем и мелкосопочником. Относительные высоты местами превышают 300 м, абсолютные более 400 м (рис. 3). Высшая точка полуострова – Синяя Сопка, высотой 474 м над уровнем моря, находится в северной части. В южной части полуострова господствующая вершина – гора Варгина, высотой 458 м; остальные вершины не превышают высоты 400 м. (Полуостров Муравьева-Амурского, 2021).

Умеренно муссонный климат п-ва Муравьева-Амурского характеризуется хорошо выраженной контрастной сменой сезонных воздушных масс. Среднегодовая температура воздуха составляет +6 °С. Средние показатели температуры воздуха в августе +19,8 °С, в январе –12,3 °С. Среднегодовое количество осадков – 840 мм. Средняя скорость ветра во Владивостоке 6,0 м/с. Преобладающие направления ветра: северный (40%), южный (26%) и юго-восточный (14%). Средняя влажность 71% в год. На территории города в течение года преобладают дожди и туманы: 133 и 106 дней в году, соответственно. Большое количество снежных дней наблюдается в зимние месяцы, наибольшее число – в январе (24 дня). Среднее число снежных дней в году составляет 77 дней (Полуостров Муравьева-Амурского, 2021).

Флора и фауна полуострова разнообразна. Флора города, которая находится в южной подзоне смешанных хвойно-широколиственных лесов, включает больше 1000 видов сосудистых растений. Субтропические элементы местной флоры составляют 3% от общего числа видов, на маньчжурский дубравный комплекс приходится до 70%, на таёжный – 13%, на арктомонтанные растения всего 1% (Таранков, 1974; Воробьёв и др., 1966).

Лесными массивами покрыто около 260 км<sup>2</sup>, или более 60% территории полуострова. Лес произрастает, в основном, на крутых склонах и склонах средней крутизны в центральной и северной, северо-восточной частях полуострова. В крупных долинах лес имеется лишь в водоохранных зонах водохранилищ и вдоль речных берегов, не затронутых вырубками или строительством. В составе древостоя преобладает дуб, липа, широко распространён клён, берёза, ясень, амурский бархат, маньчжурский орех и др. Почти 40% территории, прибрежные низменности и предгорья, южная часть полуострова заняты городской застройкой, промышленными зонами, частным сектором, дорогами, заболоченными лугами и пустырями. В числе наиболее распространённых видов растений – ясень маньчжурский, ильм японский, берёза плосколистная, ясень носолистный, робиния ложноакациевая, пузыреплодник калинолистный. Местами сохранились древние чернопихтарниковые леса, но в настоящее время преобладают вторичные: дубово-кленово-липовые, на островах – дубово-кленово-берёзовые, в долинах рек – ивняки, ильмовые и ясенево-лиственные леса. В лесах пригородной зоны произрастают кедровый орех, лещина, лесные ягоды, грибы, папоротник, черемша, лекарственные растения (Ворошилов, 1966; Урусов, 1993). В насаждениях города встречаются редкие виды, занесённые в Красную книгу России и Красную книгу Приморского края. Среди них: калопанакс семилопатный, мелкоплодник ольхолистный, груша уссурийская, абрикос маньчжурский. В зелёных насаждениях парков и садов можно встретить вишню сахалинскую и сливу ивовидную (Харкевич, Качура, 1981; Кожевников, 2002).

Около 50 гнездящихся видов птиц обитают в черте города, среди них: голуби, воробьи, чернохвостые чайки, белопопый стриж, сорока, камчатская трясогузка, белобрюхая синица. В лесах водятся: ёж обыкновенный, уссурийский крот (могера), тундряная, крупнозубая и большая бурозубки. Из рукокрылых животных в летнее время и на пролётках отмечены: ночницы, бурый ушан, кожановидный нетопырь, двухцветный кожан, трубконосы. Из зайцеобразных – кустарниковый

заяц, из грызунов – летяга, белка обыкновенная, азиатский бурундук, полевая, лесная и домовая мыши, мышшь-малютка, серая и чёрная крысы, ондатра, красно-серая и дальневосточная полёвки. Хищники представлены енотовидной собакой, лисицей, барсуком, лаской, колонком, дальневосточным лесным котом. В реках и озёрах многочисленны и разнообразны пресноводные беспозвоночные. В прибрежных водах Владивостока встречаются: сельдь, корюшка, навага, камбала, терпуг, краснопёрка, пеленгас, а также мидии, трепанг, гребешки, осьминоги и крабы.

Экологическая обстановка на п-ве Муравьева-Амурского, особенно в южной части, оставляет желать лучшего. В «Рейтинге экологического развития городов России – 2014», составленном Минприроды России, Владивосток занял 69-е место среди 94 городов-участников. Ранее, в 2013 году, Владивосток занимал в данном рейтинге 45-е место среди 85 городов-участников. Во Владивостоке в 2014 наблюдался «повышенный» уровень загрязнения воздуха, содержание диоксида азота примерно вдвое превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК). Неблагополучное состояние воздуха объясняется большим количеством автотранспорта. Парковка автомобилей на проезжей части способствует загазованности воздуха, поскольку создаёт «пробки». В меньшей степени влияют выбросы производственных объектов, таких как, ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и др.

Для Владивостока, с трёх сторон омываемого морем, большой проблемой является высокое загрязнение окружающих его акваторий Амурского и Уссурийского заливов, пролива Босфор Восточный и, особенно, бухты Золотой Рог, которую в декабре 2013 года объявили самой грязной акваторией России. Так, по данным доклада об экологической ситуации в Приморском крае от 2014 года, поверхность бухты Золотой Рог была покрыта плавающим мусором и нефтяной плёнкой на 91–100%. При этом концентрация нефтяных углеводородов в воде снизилась, и теперь ПДК превышена в 1,5–2 раза. Биопланктон, обитающий в бухте, ядовит, употребление в пищу выловленной здесь рыбы бывает опасным. В 2015 году качество воды в бухте улучшилось до «умеренно-загрязнённой», а среднегодовая концентрация нефтяных углеводородов снизилась до 1 ПДК (Золотой Рог, 2021).

Основными источниками загрязнения морских вод вблизи Владивостока являются промышленные и канализационные стоки города и других населённых пунктов, а также загрязнённые воды рек, впадающих в море поблизости. Исторически Владивосток развивался как город без очистных сооружений, в котором почти все стоки напрямую сливались в море. В 1990–2000-е годы лишь 2% сточных вод города подвергались очистке. В период подготовки Владивостока к проведению саммита АТЭС-2012 были построены три комплекса очистных сооружений и реконструирован четвёртый. В результате проектная мощность очистных сооружений выросла до 380 тыс. м<sup>3</sup> в сутки (Северные очистные – 50 тыс. м<sup>3</sup> в сутки, Центральные – 160 тыс. м<sup>3</sup> в сутки, Южные – 160 тыс. м<sup>3</sup> в сутки, на о. Русском – 10 тыс. м<sup>3</sup> в сутки). В 2013 году очистке подвергались лишь 30% стоков города, в 2016 – около 85% (Полуостров Муравьева-Амурского, 2021).

Владивосток расположен в южной части п-ва Муравьев-Амурского, его селитебная зона и прилегающие дачно-садовые районы занимают около трети территории, остальная часть полуострова покрыта лесами. Общая площадь земель лесного фонда Владивостокского городского округа (вместе с прилегающими островными территориями) по данным сайта администрации Владивостока на конец первого десятилетия XXI в. составила 54,5 тыс. га, в том числе лесопокрывтия – 47,4 тыс. га. Под земли рекреационного назначения отведено 3517 га. В ведении Владивостокского лесничества на материковой части Владивостокского городского

округа находится 17,3 тыс. га лесов, которые по целевому назначению относятся к защитным. Около 39% их площади приходится на лесопарковые зоны (Полуостров Муравьева-Амурского, 2021). В последние годы отмечается возрастающее использование пригородных лесов и рекреационных территорий под застройку. Кроме того, в связи с увеличением у населения высоко проходимых транспортных средств все бóльшие площади лесов, ранее мало доступные, охватываются рекреацией. В результате происходит как прямое изъятие земель, так и деградация зеленых массивов, не подготовленных для массового посещения горожан. Вследствие этого ухудшается санитарное состояние лесов, снижается их эстетическая привлекательность и экологическая ценность ландшафтов в целом. Существенно снижается защитная роль лесов как живого фильтра и «легких» воздушной среды города (Лесохозяйственный регламент, 2021).

Первые наиболее полные описания растительности вышеназванного полуострова были выполнены А.Ф. Будищевым в 60-х годах XIX века (по: Манько, 2011). Они свидетельствуют о первозданной красоте и богатстве девственных хвойно-широколиственных лесов полуострова. Полуторавековая история их хозяйственного освоения и эксплуатации значительно изменила облик растительности и ландшафта в целом. Следует заметить, что городскими властями старого Владивостока (1875–1922 гг.) многократно принимались регламентирующие и природоохранные акты по сохранению лесных богатств полуострова от хищнического уничтожения, особенно ярко выраженного в первые десятилетия строительства порта и административного центра Владивосток. Усилия эти не пропали даром, на что косвенно указывают данные последнего по времени детального исследования лесной растительности полуострова, проведенного сотрудниками отдела леса Биолого-почвенного института ДВО РАН в самом конце XX в. (Прохоренко, 1999). Результаты выполненных работ и составленная по ним крупномасштабная геоботаническая карта свидетельствуют, что леса полуострова и в настоящее время в определенной мере сохраняют свое видовое и типологическое разнообразие. Они представлены 11 условно коренными и устойчиво производными типами леса, относящимися к 4 формациям: чернопихтово-широколиственных, кедрово-широколиственных, ильмово-ясеневых и дубовых лесов. К концу первого десятилетия XXI в. на территории Владивостокского лесничества, согласно данным Лесного плана Приморского края, площадь под хвойными породами составляла 81,4 тыс. га, мягколиственными – 46,3 тыс. га, твердолиственными – 232,6 тыс. га. Как среди твердолиственных пород, так и в целом по полуострову, самые обширные лесные площади заняты дубняками – 204,5 тыс. га (Максимова, Голубева, 2010; Лесной кодекс РФ, 2006).

Речная сеть п-ва Муравьева-Амурского (включая о. Русский) представлена в основном малыми и самыми малыми водотоками, длина которых не превышает 10 км (исключение – р. Песчанка и р. Богатая). Всего на полуострове около 350 рек и крупных ручьев, большинство из которых, особенно в верхней части, представляют собой ненарушенные водотоки с водой первой категории; некоторые их участки расположены на территории ООПТ местного значения. Часть водотоков, особенно расположенных в пределах Владивостока и Артема, подвергались антропогенным воздействиям на протяжении всего времени освоения территорий. Особенно пострадали р. Объяснения, Первая и Вторая Речки, экосистемы которых практически на всем протяжении деградированы в различной степени. Пригородные водотоки нарушены, в основном, в нижних частях русел (Полуостров Муравьева-Амурского, 2021).

Гидрологический режим водотоков полуострова характеризуется неравномерными расходами воды в течение года, с пиками в летнее время. Во время паводков наблюдаются резкие подъёмы и спады уровней воды. На реках Богатая и Пионерская построены водохранилища. Многие речки и ручьи, протекающие в черте города Владивостока, упрятаны в железобетонные лотки. Речная сеть полуострова хорошо развита, но в ходе его освоения многократно претерпевала многочисленные как мелкие, так и крупные изменения (создание водохранилищ) (Полуостров Муравьева-Амурского, 2021).

**Река Вторая Речка.** Река берет начало у западных подножий водораздельных гор с бассейном р. Большая Пионерская, путём слияния трёх водотоков, истоки которых расположены на высотах 352,5, 431,2 и 426,7 м. Протекает по п-ву Муравьева-Амурского с востока на запад, впадая в бухту Кирпичный Завод (Амурский Залив) между мысом Фирсова и мысом Калузина. Река Вторая Речка – одна из основных малых рек полуострова. Длина – 6,15 км, площадь бассейна – 16,1 км<sup>2</sup>, сумма длин притоков 25,5 км, густота речной сети – 1,97 км/км<sup>2</sup>. Средний уклон русла – 39%; средневзвешенный уклон – 265%; уклон водосбора – 161%. Максимальные расходы воды:  $Q_{1\%ВП} - 407 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_{2\%ВП} - 326 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_{3\%ВП} - 289 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_{10\%ВП} - 155 \text{ м}^3/\text{с}$ . Средняя многолетняя норма стока  $Q_{\text{норма}} - 0,046 \text{ м}^3/\text{с}$ ; средняя многолетняя норма стока 95% обеспеченности  $Q_{95\%ВП} - 0,021 \text{ м}^3/\text{с}$  (Кожевникова, 2021).

Почти весь бассейн занят инфраструктурой города Владивостока, за исключением незначительного участка в верховьях реки. Ранее на этих землях произрастала густая древесная растительность, не сохранившаяся к настоящему времени. Долина реки шириной 2–3 км, имеет западное направление и вытянутую форму в сторону Амурского Залива. Бассейн Второй Речки имеет длину 4–5 км, граничит на севере с бассейнами малых рек, впадающих в Амурский Залив, и имеющих площади водосборов до 1,5 км<sup>2</sup>, а на юге – с водоразделом бассейна р. Первая Речка. Склоны долины реки изрезаны распадками, по дну которых протекают водотоки, различной протяженности, несущие воды в основное русло. Перепад высот от дна до верха распадков в среднем 20 м. В связи с городской застройкой, местность сглажена, часть распадков и оврагов засыпана. Дно долины шириной 0,5 км с почти повсеместно обрывистыми склонами, затапливается почти на всю ширину при прохождении паводков. Берега обрывистые, высотой до 1 м, сложены размываемыми грунтами: суглинки с большим (до 40%) содержанием песка, гальки, гравия. Русло почти на всем протяжении шириной от 0,5 до 3 метров (в расчетном створе до 5 метров). На устьевом участке оно увеличивается до 10–12 метров. Дно песчано-галечное с примесью гравия, засоренное бытовыми отходами. Русло слабоизвилистое, на значительном протяжении канализовано, перекрыто железнодорожными, автодорожными мостами и пешеходными переходами. Только на устьевом участке (на протяжении 0,6 км) и в верховьях река протекает в относительно естественных условиях. В среднем течении реки почти на всём протяжении русло канализовано – укреплено железобетонными лотками с высокими (3–4 м) боковыми стенами, практически не переливаемыми в паводки вертикальными стенками и железобетонными плитами. Перелив вод за стенки лотка происходит только в катастрофические по водности годы и только в районе моста на просп. 100-летия Владивостоку из-за возникающих перед мостом подпорных явлений. В теплое время года наблюдается 6–8 паводков, вызванных интенсивными продолжительными дождями. Дождевые паводки всегда сопровождаются выходом воды на пойму. Продолжительность паводков не составляет более недели. Амплитуда колебания уровня воды – 3–3,5 м. Наибольшие паводки наблюдаются в июле–сентябре и начале октября. Меженный период

не выражен во времени. Он наступает в среднем через неделю после прохождения очередного паводка и продолжается до выпадения очередных продолжительных ливней, в среднем 20–30 дней. В засушливые годы река может сильно мелеть и даже пересыхать на некоторых участках. Первые ледовые явления в виде заберегов появляются с середины ноября, установление ледяного покрова – в декабре. Наибольшая толщина льда редко превышает 1 м и наблюдается перед вскрытием в начале весны. Зимний водный режим характеризуется пониженной водностью. Нередко на отдельных участках русла наблюдается перемерзание водотока: в истоковой части (станция 1), в районе станции 2 происходит образование наледей, высота которых не более 1 м. Как правило, наледи образуются в период с февраля и до наступления таяния льда и снега весной (Кожевникова, 2021).

Истоковый участок реки находится вне городской инфраструктуры и практически не испытывает антропогенного воздействия, средняя и нижняя часть водотока, находится в урбанизированной зоне, в сфере влияния антропогенного импакта разного уровня. В средней части русло, укрепленное железобетонными лотками, с высокими (до 3,0 м) бортами, практически полностью пропускает воды реки в различные периоды водного режима. Часть логов – притоков реки перекрыты, засыпаны, вода с них отведена в городскую ливневую канализацию. В реку дополнительно отводятся ливневоды с территории города по ливневой канализации, сбросы вод из подвалов и очищенных вод с предприятий. Поэтому водный режим несколько изменен: продолжительность и водность единичных паводков несколько больше расчетной. Высота паводковой волны ниже, а время стояния высокой воды больше. Ледовый режим также претерпел изменения в основном из-за промышленных сбросов в течение всего зимнего периода (Кожевникова, 2021).

В прежние годы в реке нерестились лососёвые рыбы, долина была покрыта лесом, река была достаточно глубока, устье имело глубину около двух метров. В долине реки водились кабаны, олени и птицы. В 1965 году русло Второй Речки было забетонировано, в него вывели городские канализационные трубы. В результате урбанизации территории бассейна, река постепенно деградировала, качество её вод катастрофически ухудшилось.

### Материалы и методы

Нарушения лесного покрова в водоохранной зоне р. Вторая Речка определялись на основе материалов, проанализированных с 2017 по 2019 гг. с помощью методов дистанционного зондирования Земли. Для проведения исследования были выбраны картографические данные со спутника Landsat-8 (NASA, USGS) (<https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8>). Для оценки состояния водоохранных зон водотоков полуострова Муравьева-Амурского были составлены две базы полигонов в программе SasPlanet (2010) на основе снимков за 20 января 2017 года и 1 октября 2019 года.

Карта-схема бассейна реки и расположение станций отбора проб приведены на рисунке 2, морфометрические характеристики сведены в таблице 1. Измерения параметров среды проведены по стандартным методикам (Вшивкова и др., 2019) во время отбора проб 1-й серии, осуществлённой 23 октября 2020 года. Топографические данные бассейна реки представлены на рисунке 3. Описание химико-микробиологических методов отбора и анализа проб почв и воды и гидробиологических методов приведены в соответствующих статьях настоящего сборника (Вшивкова и др., 2021, наст. сб.; Жарикова и др., 2021, наст. сб.; Никулина и др., 2021, наст. сб.).

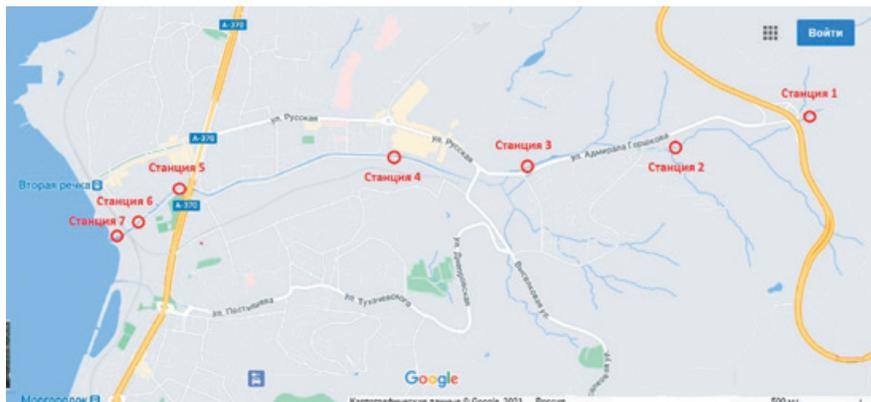


Рис. 2. Схема расположения 7 станций вдоль русла р. Вторая Речка (<https://www.google.ru/maps/@43.1623946,131.9439749,14z>)

Таблица 1

**Координаты, температура воды и морфометрические характеристики р. Вторая Речка**

Координаты и параметры среды	Станции отбора проб						
	1	2	3	4	5	6	7
Широта, N	43.16925	43.16841	43.16584	43.16539	43.16422	43.16222	43.1605
Долгота, E	131.97417	131.96504	131.94749	131.92310	131.91317	131.90927	131.90596
Расстояние от истока (км)	0,25	1,2	2,5	3,5	5,5	5,9	6,15
Высота над у.м. (м)	196	94	60	37	6	5	1
Тип долины	V-образный	лоткообразный; русло свободное	лоткообразный; берега покрыты габионами	лоткообразный; русло канализовано, в бетонном рукаве	лоткообразный; русло частично свободное	лоткообразный; русло свободное	устьевая часть; русло свободное
Порядок водотока	1	3	3	4	4	4	4
Ширина русла (м)	1,1	2	2,8	4	4,7	11	10–12
Площадь сечения (м <sup>2</sup> )	0,026	-	0,28	-	0,47	3,89	>3,0
Средняя глубина	0,024	~0,05	0,1	0,1	0,1	0,35	~0,3
Скорость течения (м/с)	0,24	0,28	0,32	0,35	0,38	0,05	0,05
Расход воды (м <sup>3</sup> /с)	0,00624	-	0,089	-	0,18	0,19	-
t воды, С°	6–7	7	11	11	13	12	13
t воздуха, С°	8–10	10	14	13	12	12	12
Время отбора проб	12:00–13:40	пробы не отбирались	13:50–14:15	пробы не отбирались	15:30–16:30	14:30–15:20	пробы не отбирались

**Результаты исследований**

В 2020 г. совместными усилиями учёных ДВО РАН, преподавателей и студентов ВГУЭС и ДВФУ начата программа экологических исследований в рамках проекта «Ревитализация реки Вторая Речка», включающая изучение почв, химико-микробиологических характеристик окружающей среды (почвы и воды), прибрежной растительности, и водной биоты (перифитона и зообентоса) в бассейне реки.

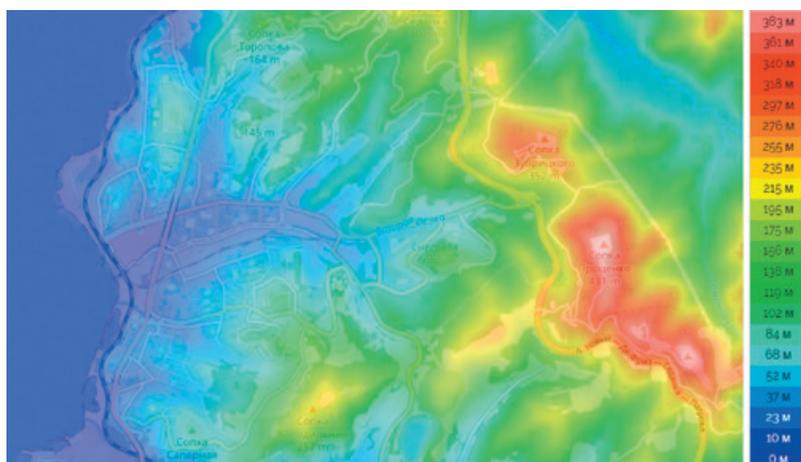
Исследования проводились на 7 станциях, расположенных вдоль русла модельного водотока (рис. 2). Для каждой станции измерялись следующие параметры: координаты (приведены в формате DD.DDDDD, десятичные градусы); расстояние от истока, высота над уровнем моря, тип долины и степень зарегулированности русла; порядок водотока (по Хортону-Штралеру); ширина русла; площадь сечения; средняя глубина; скорость течения; расход воды; температура воды и воздуха; время отбора проб (табл. 1). Расход воды вычисляли по формуле  $Q = V \cdot x \cdot w$  ( $V$  – скорость течения, м/с;  $w$  – площадь водного сечения русла, м<sup>2</sup>). Составлены эпюры поперечного сечения русла для станций 1, 3, 5 и 6 (рис. 5). Фотографии мест отбора проб приведены на рисунке 4 (а–ж).

#### *Характеристика условий среды на станциях*

**Станция 1** (рис. 4а). Верховье левого составляющего истока р. Вторая Речка (140 м ниже точки истока). Зона эрозии. Гипокреналь. Каменисто-галечный грунт с крупными валунами, некоторые из них покрытые мхом. Берега крутые, до 7–8 м покрыты широколиственными деревьями и кустарником, изредка хвойные. Русло на участке отбора проб хорошо освещено, выше по течению затенено кронами деревьев. Условия среды близки к естественным. Станция расположена в 60 м выше автомаста Артём–Патрокл, и тоннеля, в который втекает ручей. В русле водотока отмечены автомобильные шины, пластик, ветошь, строительный материал (замусоривания в предыдущие годы наблюдений на этом участке не наблюдалось). Вблизи построено здание, напоминающее склад, прилегающая огороженная площадка заходит в границы водоохраной зоны (в 2017 году этих построек не было).

**Станция 2** (рис. 4б). Расположена в 1200 м ниже от ст. 1, в районе ЖК «Восточный луч». Зона эрозии. Эпиритраль. Дно каменисто-галечное, гравий, песок. Берега высотой до 1,5–2 м. Водоток полностью освещен, по берегам трава и редкий кустарник, лесной покров сведён. В водоохраной зоне находятся технические строения, мост второстепенной автомобильной дороги пересекает русло реки. Отмечен строительный мусор, пластик.

**Станция 3** (рис. 4в). Микрорайон «Снеговая падь». Зона эрозии. Метаритраль. Дно каменисто-галечное с песчаными и заиленными полями. Русло полностью освещено. Прибрежная древесная растительность сведена. Пологие берега затянуты габионами. Река протекает в урбанизированном районе с плотной многоэтажной



**Рис. 3.** Топографическая карта бассейна р. Вторая Речка (<https://ru-ru.topographic-map.com/maps/ethv/>)



Рис. 4. Фотографии мест отбора проб: а – станция 1, б – станция 2, в – станция 3, г – станция 4, д – станция 5, е – станция 6, ж – станция 7

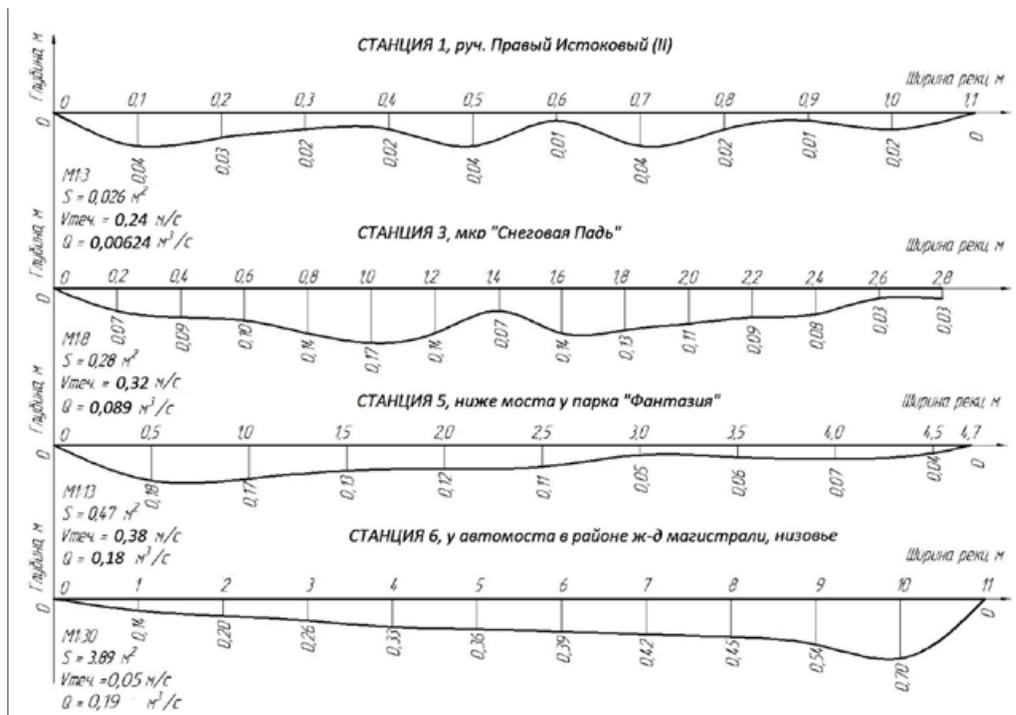


Рис. 5. Площади поперечного сечения русла на 4-х станциях р. Вторая Речка

застройкой, русло спрямлено; в водоохранной зоне ведутся строительные работы. Замусоривание умеренное, в русле и по берегам – изредка ветошь, пластик, пустые стеклянные и металлические ёмкости. Отмечен слабый болотный запах.

**Станция 4** (рис. 4г). Расположена напротив храма Кирилла и Мефодия (ул. Бородинская, 20). Зона эрозии. Метаритраль. Русло протекает в бетонном лоткообразном рукаве с высотой стен до 3 м. Дно каменисто-галечное с илистыми фракциями и микробиально-водорослёвыми «космами». Редкие широколиственные деревья за пределами бетонного рукава. В русле – ветошь, пластик, стеклянные и пластиковые бутылки.

**Станция 5** (рис. 4д). Расположена ниже моста трассы А-370 в районе парка «Фантазия» и автобусной остановки «Парк Победы». Зона эрозии. Метаритраль. Дно каменисто-галечное с илистыми фракциями и микробиально-водорослёвыми «космами». Берега пологие, редкие широколиственные деревья; травянистая растительность. Русло свободное, что можно использовать для восстановления прибрежной территории. По берегам в водоохранной зоне расположены различные технические постройки, автостоянки. В районе станции и выше по течению видны выходы действующих канализационных труб. Ощущается неприятный сероводородный запах. Берега и русло сильно замусорены: пластик, стекло, фрагменты строительного мусора.

**Станция 6** (рис. 4е). Расположена в 20 м выше ж/д моста. Зона седиментации. Гипоритраль. Дно выстлано тонким верхним слоем сероватого ила, покрывающим нижний чёрный; толщина мягких осадков до 15–20 см. Под мягкими осадками твёрдый песчаный субстрат. Высота берегов до 1–1,5 м. Скорость течения очень слабая. По берегам травянистая растительность с редкими ивами. Ощущается резкий запах сероводорода и гниющей органики, у заберегов изредка слабые нефтяные разводы. В районе станции и выше в 4 местах отмечены выходы труб, из которых

в реку поступает вода с резким фекальным запахом. Берега сильно замусорены бытовым мусором, встречаются автошины.

**Станция 7** (рис. 4ж). Расположена в 20 м выше устья ниже железнодорожного моста. Зона седиментации. Гипоритраль. Дно песчанистое. Берега пологие, глинисто-песчаные, покрыты травянистой растительностью; в отдалении – редко ивы. Берега замусорены различными бытовыми отходами.

*Выявленные нарушения законодательства в области  
водоохранной зоны р. Вторая Речка*

За исключением истоковой зоны, бассейн реки целиком расположен в пределах городской инфраструктуры и подвержен многочисленным экологическим нарушениям. Особенно сильные нарушения происходят в последние 5 лет. С помощью методов дистанционного зонирования Земли было проанализировано состояние водоохранной зоны в период с 2017 по 2019 годы (табл. 2). В таблице показана доля нарушенных территорий в верхней, средней и нижней частях бассейна по отношению к общей площади нарушений в 2017 и 2019 гг., приведены данные по приросту нарушений за этот период. Общий прирост нарушенных территорий за указанный период составил 20 452,08 м<sup>2</sup>. Прирост нарушенных территорий на различных участках реки составил: более 50% – в верхней части водоохранной зоны, около 30% – для средней, и почти 13% – для нижней части. К сожалению, наиболее интенсивно начинает осваиваться верхняя часть бассейна.

Таблица 2

Нарушения водоохранной зоны р. Вторая Речка в период с 2017 по 2019 гг.

Год	Площади территорий водоохранной зоны (м <sup>2</sup> )				
	Нарушенные территории в различных частях водоохранной зоны			Общая площадь нарушений	Ненарушенные территории
	верхняя часть	средняя часть	нижняя часть		
2017	83 862,41 (21,7%)	125 691,75 (32,5%)	177 384,75 (45,8%)	386 938,9	258 561,1
2019	95 223,11 (23,4%)	132 117,56 (32,4%)	180 050,32 (44,2%)	407 390,99	238 109,01
Прирост нарушенных территорий в м <sup>2</sup>	<b>11 360,7</b>	<b>6 425,81</b>	<b>2 665,57</b>	<b>20 452,08</b>	–
Прирост нарушенных территорий в %	<b>55,55%</b>	<b>31,42%</b>	<b>13,03%</b>	–	–

В 2020 и 2021 годах строительство в бассейне реки стало ещё более активным, сводятся лесные насаждения, происходят нарушения русловой морфологии, строительство ведётся в водоохранной зоне, игнорируются Административный, Водный и Лесной Кодексы.

*Пути решения проблемы*

Проблему деградации речных экосистем в пределах урбанизированных территорий невозможно решить только силами общественности и без комплексной перестройки всей системы городского хозяйствования. Необходимы большие финансовые вложения, а также совместные согласованные действия федеральных,

региональных и муниципальных властей, специалистов различных профилей: архитекторов, инженеров, экономистов, экологов; чрезвычайно важно участие широких слоёв общественности. Первый шаг в алгоритме действий – создание экономически продуманной программы, определение главных и второстепенных участников проектов, разработка последовательных мер по ревитализации, оздоровлению всей территории, на которой расположена столица дальневосточного региона России – Большой Владивосток.

Такая программа должна основываться на современных методах охраны среды, внедрении малоотходных технологий и производств, эффективных способов по сбору, утилизации и переработке ТБО, должна учитывать принципы демографической ёмкости территории. Необходимо проведение экологического зонирования территории мегаполиса, выделение зон с различной антропогенной нагрузкой. На относительно ненарушенных территориях хозяйственная деятельность должна быть запрещена или вестись предельно осторожно, деградированные территории следует восстанавливать: озеленять и рекультивировать. В градостроительстве при рекультивации по существу создают вторичные экосистемы: восстанавливают ландшафты, вовлекаемые в техногенное использование, но в новом качестве. Такие ландшафты после реставрации могут быть включены в компенсационные зоны экологического каркаса района в качестве, например, экологических парков, малых ООПТ в пределах урбанизированной территории. Такие решения принимаются на уровне инженерно-экологического зонирования территории.

Для эффективного содержания городских водоемов, должна производиться систематическая очистка их ложа и воды, что сокращает риск размножения вредных насекомых и бактерий, предотвращает попадание поверхностного стока и загрязненных вод в более крупные реки, в морскую акваторию. Для поддержания экологической чистоты нужно обеспечить эффективную деятельность организаций, ответственных за техническую эксплуатацию территорий. В бассейнах водотоков и водоёмов следует выяснить источники загрязнения как точечные, так и диффузные, выявить ответственных и требовать исполнения положений соответствующих природоохранных законов.

Финансирование такой масштабной деятельности может осуществляться путём создания экологических фондов для восстановления окружающей среды. Формирование экологических фондов может идти за счет средств, поступающих в виде платы за нормативные и сверхнормативные (лимитные и сверхлимитные) выбросы и сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, размещение отходов, другие виды загрязнения; сумм по искам о возмещении вреда, штрафов за экологические правонарушения; средств от реализации конфискованных орудий охоты, рыболовства, незаконно добытой с их помощью продукции; пожертвований от юридических и физических лиц, которые зачисляются на специальные счета. Большую помощь может оказывать общественность, выступая в роли волонтеров по обследованию территорий, картированию загрязнений, участвуя в различных восстановительных мероприятиях (Вшивкова и др., 2013; Вшивкова, 2014, 2016; Вшивкова, Раков, 2015).

### Заключение

Как показывают многочисленные мировые примеры восстановление городских рек и сохранение биоразнообразия в сильно урбанизированных районах не является безнадежным делом, но требует стратегического планирования, внимания

к управлению и крупномасштабных инвестиций (Kehoe et al., 2020). Необходима интеграция прибрежных территорий в архитектурно-ландшафтный каркас города, проведение мероприятий по восстановлению экологического состояния не только водных объектов, но и наземных территорий, создание городских рекреационных пространств. Мировая практика уже показала позитивные примеры возрождения городских рек в азиатских и европейских городах. Особенно популярным сейчас становится тренд «river as in nature» – восстановление рек в максимальном приближении к естественным природным образцам (Вахрушева, 2020). Положительные примеры восстановления урбанизированных территорий можно легко найти из опыта азиатских стран-соседей: Япония, Китай, Сингапур, Южная Корея (Revitalizing..., 2021), в западных странах (European Centre..., 2021). Большую роль в таких восстановительных и охранных действиях принимает общественность.

Для восстановления наших городских рек нам остаётся только последовать положительным примерам, а власти – принять политическое решение и объединить усилия всех.

### Благодарности

Выражаем искреннюю благодарность Пекарскому М.В. и Мурашовой К.А. (магистры, ВГУЭС) за участие в сортировке материала, Пекарскому М.В. также за проведение оценки нарушения лесного покрова в водоохранной зоне р. Вторая Речка методами спутникового зондирования; Полозенко К.В. (студентка ВГУЭС, 3 курс) – за подготовку расчётов и графических работ по описанию поперечного сечения реки; благодарим Чебан Д.С., Невельскую В.П., Сазонова Е.О., Чернышова И.В., Попову А.Н. (студенты ВГУЭС, 3 курс) за участие в отборе и камеральной обработке материала I серии; группу студентов ВГУЭС (3 курс): Аркатову А.А., Еланцеву А.И., Куйдину А.В., Плискунову А.В., Полозенко К.В., Рянину П.И. за участие в первичной сортировке материала I серии.

Исследование выполнено в рамках проекта «Ревитализация Второй Речки» (научно-общественный модельный проект по решению проблем загрязнения городских водотоков на примере р. Вторая Речка), поддержанного грантом Альянса общественных организаций «Экодело» (руководитель к.б.н. Жарикова Е.А.) и Фондом Президентских грантов (грант № 19–2–023124 «Развитие системы общественного экологического мониторинга атмосферы и гидросферы в Приморском крае», руководитель к.ф.-м.н. П.А. Салюк).

### Литература

- Богатов В.В. 1994.** Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 218 с.
- Вахрушева К.В. 2020.** Как реке жить в городе: естественные берега водоемов входят в моду // Беллона. № 78. С. 38–41.
- Воробьев Д.П., Ворошилов В.Н., Горовой П.Г., Шретер А.И. 1966.** Определитель растений Приморья и Приамурья. М.; Л.: Наука. 491 с.
- Ворошилов В.Н. 1966.** Флора советского Дальнего Востока. М: Наука. 478 с.
- Вишкова Т.С. 2006.** Биологический мониторинг: принципы, методы, организация. // Проблемы экологии, безопасности жизнедеятельности и рационального природопользования Дальнего Востока и стран АТР: материалы II Международной конф. Владивосток: ДВПИ. С. 108–112.
- Вишкова Т.С., Круглик И.А., Голотин В.А., Щеголева Е.В. 2008.** Оценка экологического состояния по показателям макрозообентоса реки Вторая Речка (бассейн Амурского залива) // Исследования мирового океана: материалы Международной научн. конф. Владивосток: ДальРыбВТУЗ. С. 95–97.

- Вшивкова Т.С., Стриблинг Д.Б., Флатмерш Д.Е. 2013.** Международные инициативы по охране пресноводных ресурсов в регионе Восточной и Северо-Восточной Азии // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: материалы Международного научно-практического форума, (Хабаровск, 25–26 окт. 2012 г.). Хабаровск: ТОГУ. С. 438–441.
- Вшивкова Т.С. 2014.** Проблемы наших рек и водоёмов: кто в ответе за их состояние? // Природа без границ: материалы VIII Международного экологического форума. Владивосток: ДВФУ. С. 97–104.
- Вшивкова Т.С., Раков В.А. 2015.** Проблемы охраны поверхностных вод в Приморском крае: что делать? // Природа без границ: материалы IX Международного экологического форума. Ч. 2. Владивосток: ВГУЭС. С. 39–46.
- Вшивкова Т.С. 2016.** Проблемы загрязнения городских водотоков // Экологические проблемы природопользования и охрана окружающей среды в Азиатско-Тихоокеанском регионе: среды жизни, их охрана и восстановление. Владивосток: Изд-во ВГУЭС. С. 125–135.
- Вшивкова Т.С., Сибирина Л.А., Гладкова Г.А., Клышевская С.В., Дроздов К.А. 2017.** Комплексные исследования экологического состояния бассейна р. Вторая Речка (полуостров Муравьева-Амурского, Приморский край) // Природа без границ: материалы XI Международного экологического форума. Владивосток: МГУ им. Г.И. Невельского. С. 76–78.
- Вшивкова Т.С., Иваненко Н.В., Якименко Л.В., Дроздов К.А. 2019.** Введение в биомониторинг пресных вод: учебное пособие. Владивосток: Изд-во ВГУЭС. 240 с.
- Вшивкова Т.С., Никулина Т.В., Дроздов К.А., Иваненко Н.В., Сазонов Е.О., Чернышов И.В. 2021.** Оценка экологического состояния р. Вторая Речка по показателям макрозообентоса // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 9. Владивосток: Дальнаука. С. 60–70.
- Жарикова Е.А., Клышевская С.В., Попова А.Н., Вшивкова Т.С., Иваненко Н.В. 2021.** Экологическое состояние вод, донных осадков и почв долины р. Вторая Речка (по химическим и микробиологическим показателям) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 9. Владивосток: Дальнаука. С. 71–76.
- Засыпкина М.О. (Шарый-оол М.О.). 2000.** Оценка качества воды пресноводных водоемов по гидробиологическим показателям на примере реки Вторая речка // Реферат (рукопись). Владивосток. 20 с.
- Золотой Рог (Владивосток)** [<http://worldgonesour.ru/stati/8555-zolotoy-rog-vladivostok.html>; 12.05.2021].
- Кожевников А.Е. 2002.** Перечень объектов растительного и животного мира, занесенных в Красную книгу Приморского края. Растительный мир. Владивосток: Апостроф. 24 с.
- Кожевникова З.Д. 2020.** Река Вторая Речка [[https://primogoda.ru/articles/reki\\_primorya/reka\\_vtoraya\\_rechka](https://primogoda.ru/articles/reki_primorya/reka_vtoraya_rechka); 07.11.2020].
- Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N200-ФЗ (ред. от 27.12.2018) РФ.** Статья 87. Лесохозяйственный регламент // СПС «КонсультантПлюс» [[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64299/8e5f7a01dac4fc52d5869c72e2b40c6a9dd21c46/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/8e5f7a01dac4fc52d5869c72e2b40c6a9dd21c46/); 12.05.2021].
- Лесохозяйственный регламент Владивостокского лесничества на 2011–2019 гг.:** утвержденный приказом департамента лесного хозяйства Приморского края от 20.03.2017 № 404 // Официальный сайт Администрации Приморского края и органов исполнительной власти Приморского края [<http://www.primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/forestry/docs.php>; 12.05.2021]
- Максимова В.Ф., Голубева Е.И. 2010.** Особенности лесов приморской зоны Восточного Сихотэ-Алиня // Вестник МГУ. Сер. 5. № 2. С. 53–57.
- Манько Ю.И. 2011.** Лесное дело на российском Дальнем Востоке (1859–1922). Владивосток: Дальнаука. 383 с.
- Медведь В.А., Черепанова М.В. 2004.** Экологический мониторинг сообществ диатомовых водорослей – индикаторов органического загрязнения воды (на примере водоемов городов Южного Приморья) // Проблемы экологии и рационального природопользования Дальнего Востока: материалы Региональной конф. молодых ученых. С. 124–127.
- Мурашова К.А., Пекарский М.В., Вшивкова Т.С., Иваненко Н.В., Клышевская С.В., Дроздов К.А. 2016.** Проблема загрязнения городских водотоков на примере реки Вторая Речка (Владивосток, Приморский край) // Природа без границ: материалы X Международного экологического форума. Владивосток: ДВФУ. С. 209–213.
- Никулина Т.В., Вшивкова Т.С., Чебан Д.С., Невельская В.П. 2021.** Оценка состояния вод р. Вторая Речка по данным анализа перифитонных диатомовых сообществ (Владивосток, Приморский край) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 9. Владивосток: Дальнаука. С. XX–XX.
- Полуостров Муравьева-Амурского** // Википедия [[https://ru.wikipedia.org/wiki/Полуостров\\_Муравьева-Амурского](https://ru.wikipedia.org/wiki/Полуостров_Муравьева-Амурского); 12.05.2021]

- Прохоренко Н.Б. 1999.** Растительный покров полуострова Муравьев-Амурский: Автореф. дис. канд. биол.наук: 03.00.05. Владивосток, 24 с.
- Саенко Е.М. 1995.** Особенности гидробиологического режима малой предгорной р. Вторая Речка (г. Владивосток) в условиях катастрофических природных явлений // Биоресурсы морских и пресноводных экосистем: тезисы докладов конф. молодых учёных, Владивосток, ТИПРО-центр, 17–18 мая 1995. С. 75–76.
- Таранков В.И. 1974.** Микроклимат лесов Южного Приморья. Новосибирск: Наука. 225 с.
- Урусов В.М. 1993.** Структура разнообразия и происхождение флоры и растительности юга Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 129 с.
- Харкевич С.С., Качура Н.Н. 1981.** Редкие виды растений советского Дальнего Востока и их охрана. М.: Наука. 234 с.
- European Centre for river restoration. 2021** [<https://www.ecrr.org/>; 12 мая 2021].
- Kehoe L.J., Lund J., Chalifour L., Ye. Asadian, Balke E., Boyd S., Carlson D., Casey J.M., Connors B., Cryer N., Drever M.C., Hinch S.G., Levings C., MacDuffee M., McGregor H., Richardson J., Scott D.C., Stewart D., Venesland R.G., Wilkinson C.E., Zevit P., Baum J.K., Marti T.G. 2020.** Conservation in heavily urbanized biodiverse regions requires urgent management action and attention to governance // Conservation Science and Practice. 3: e310. 15 p. [<https://doi.org/10.1111/csp2.310>]
- Morse J.C., Bae Y.J., Munkhjargal G., Sangpradub N., Tanida K., Vshivkova T.S., Wang B., Yang L., Yule C.M. 2007.** Freshwater biomonitoring with macroinvertebrates in East Asia. // Frontiers in Ecology and the Environment. Vol. 5. Issue 1. P. 33–42.
- Revitalizing a City by Reviving a Stream** [<https://development.asia/case-study/revitalizing-city-reviving-stream>; 11.05.2021].
- SasPlanet, 2010.** [<https://soft.sibnet.ru/soft/15108-sas-planeta-100707/download/>].
- Vshivkova T.S., Morse J.C., Glover J.B. 2003.** Russian Clean Water Project: the Project of Biological Monitoring of Water Quality in South Russian Far East. Vladivostok. [<https://www.biosoil.ru/files/publications/00006500.pdf>]
- Vshivkova T.S., Medvedeva L.A., Buzoleva L.S., Khristoforova N.K., Kovekovdova L.T., Polyakova N.V., Drozdov K.A. 2014.** Bioassessment of Vladivostok city and its vicinities streams by the classic chemical and microbiological methods together with biological and nuclear magnetic spectroscopy (NMS) methods (Primorye, Russian Far East) // 2<sup>nd</sup> International Symposium of the Benthological Society of Asia (BSA 2014, June 5–7): Abstract book. Busan. P. 72–73.
- Vshivkova T.S., Zhuravel E.V., Khristoforova N.K., Klyshevskaya S.V., Kovekovdova L.T. 2016.** Freshwater monitoring of urban and suburban streams in Muravyev-Amursky Peninsula (Vladivostok, Primorsky Territory) // 3<sup>rd</sup> International Symposium of the Benthological Society of Asia: Abstract Book. Vladivostok. P. 129.