

**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ВОДОТОКОВ НА ТЕРРИТОРИИ
ВЛАДИВОСТОКСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ**

**Т.С. Вшивкова^{1,2,3}, Т.В. Никулина¹, Н.К. Христофорова^{2,5}, К.А. Дроздов⁴,
В.В. Шамов^{3,5}, Е.А. Жарикова¹, С.В. Клышевская¹, Л.Т. Ковековдова²,
С.Г. Юрченко⁵, А.Г. Болдескул⁵, Т.Н. Луценко⁵, С.Ю. Лупак⁵,
Н.Н. Бортин⁶, А.М. Горчаков⁶**

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, пр. 100-летия Владивостока, 159, Владивосток, 690 022, Россия. E-mail: vshivkova@biosoil.ru

²Дальневосточный федеральный университет, о. Русский, п. Аякс, 10, Владивосток, 690 922, Россия

³Владивостокский государственный университет, ул. Гоголя, 41, Владивосток, 690 014, Россия

⁴Тихоокеанский институт биоорганической химии ДВО РАН им. Г.Б. Елякова, пр. 100-летия Владивостока, 159, Владивосток, 690 022, Россия

⁵Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, ул. Радио, 7, Владивосток, 690 041, Россия

⁶Дальневосточный филиал Российского научно-исследовательского института комплексного использования и охраны водных ресурсов, пр. Красного Знамени, 66, Владивосток, 690 014, Россия

Проблемы сокращения биоразнообразия и деградации речных экосистем на Дальнем Востоке России требуют безотлагательного решения. Это особенно важно для территорий интенсивного развития и урбанизированных районов, которые находятся в зонах наиболее сильного антропогенного пресса. Для понимания процессов, происходящих в таких экосистемах, необходима адекватная оценка их экологического состояния, основанная на надёжных методах комплексной оценки, адаптированных к региональным условиям. С этой целью инициирован долгосрочный научный проект «Разработка методов комплексной оценки экологического состояния водотоков в Восточной России, находящихся в условиях антропогенного воздействия». В качестве модельной территории выбран полуостров Муравьёва-Амурского, на котором расположена Владивостокская городская агломерация.

**PROBLEMS OF THE ECOLOGICAL STATE OF URBANIZED
STREAMS IN THE TERRITORY OF THE VLADIVOSTOK CITY
AGGLOMERATION**

**T.S. Vshivkova^{1,2,3}, T.V. Nikulina¹, N.K. Khristoforova^{2,5}, K.A. Drozdov⁴, V.V. Shamov^{3,5},
E.A. Zharikova¹, S.V. Klyshevskaya¹, L.T. Kovekovdova², S.G. Yurchenko⁵,
A.G. Boldescul⁵, T.N. Lutzenko⁵, S. Yu. Lupakov⁵, N.N. Bortin⁶, A.M. Gorchakov⁶**

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far East Branch of Russian Academy of Sciences, 159/1 100-letiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690 022 Russia. E-mail: vshivkova@biosoil.ru

²Far Eastern Federal University, Russian Island, Ajax, 10, Vladivostok, 690 922, Russia

³Vladivostok State University, 41 Gogol Street, Vladivostok, 690 014, Russia

⁴G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, Far East Branch of Russian Academy of Sciences, 159 100-letiya Vladivostoka Avenue, Vladivostok, 690 022, Russia

⁵Pacific Institute of Geography, Far East Branch of Russian Academy of Sciences, 7 Radio Street, Vladivostok, 690 041, Russia

⁶Far Eastern Branch of the Russian Research Institute of Integrated Use and Protection of Water Resources, 66 Krasnogo Znameny Avenue, Vladivostok, 690 014, Russia

The problems of biodiversity reduction and degradation of river ecosystems in the Russian Far East require urgent solutions. This is especially important for areas of intensive development and urbanized territories that are located in the areas of the strongest anthropogenic impact. In order to understand the processes taking place in such ecosystems, an adequate assessment of their ecological state is necessary, based on reliable methods of integrated assessment adapted to regional conditions. To this end, a long-term scientific project «Development of methods for a comprehensive assessment of the ecological state of East Russian streams and rivers under anthropogenic influence» was initiated. The Muravyov-Amursky Peninsula, on which the Vladivostok urban agglomeration is located, was chosen as a model territory.

Введение

Темпы урбанизации во всем мире заметно увеличиваются с каждым десятилетием. К 2050 году, как считают ученые, более 80 % людей будут проживать в городах. Общая площадь урбанизированной территории Земли составляет сейчас около 5 млн км², к 2070 г. она достигнет 19 млн км², то есть около 13 % территории Земли и более 20 % жизнепригодной территории суши будет занята городскими структурами. Процесс урбанизации поставил перед человечеством множество проблем, в том числе экологических. Одна из главных – уменьшение биологического разнообразия, резкое сокращение числа видов. Биоразнообразие – основной ресурс и основа устойчивости (гомеостаза) биосферы – испытывает антропогенный пресс, который начинает превышать негативные природные воздействия. Защита и восстановление биоразнообразия, его сохранение, становится основной задачей современности, единственным способом сохранить качество и непрерывность человеческой жизни на Земле (Розенберг и др., 2021).

Наиболее уязвимыми перед лицом глобальной урбанизации оказались пресноводные экосистемы. Негативное воздействие урбанизации на экосистемы городских рек особенно широко начали обсуждать в последние десятилетия. Стали появляться новые направления урбоэкологии, разрабатываться современные технологии биоассессмента, создаваться проекты по восстановлению, ревитализации урбанизированных водотоков (Booth, 1991; Bolund, Hunhammar, 1999; Meyer et al., 2005; Chin, 2006; Bernhardt, Palmer, 2007; Morse et al., 2007; Booth et al., 2016; Вшивкова, 2016, 2022, 2023; Kehoe et al., 2020; Shahadi, 2021; Zerega et al., 2021).

На Дальнем Востоке России вопросы сохранения речных экосистем, главным образом малых, также весьма актуальны (Вшивкова и др., 2013). Ведь практически весь Дальний Восток России (бассейн Амура и речная сеть тихоокеанского побережья) вместе с прилегающими территориями Китая и Монголии выделены Всемирным Фондом Дикой природы (WWF) в особый 181 мировой экорегион (Global Ecoregion 181: Russian Far East Rivers and Wetlands) в связи с уникальностью малых речных экосистем и водно-болотных угодий (Olson, Dinerstein, 2009). В связи с этим вопросы сохранения дальневосточных речных экосистем приобретают международную значимость, а задачи по разработке технологий эффективной оценки их экологического состояния становятся чрезвычайно важными.

На Дальнем Востоке России работы по разработке региональных методов биомониторинга и созданию дальневосточной системы пресноводного биоассессмента стартовали в начале 2000-х в рамках проекта «Russian Clean Water Project» (Vshivkova et al., 2003). При разработке протоколов в основу были положены Rapid Bioassessment Protocols (RBPs), используемые в государственном пресноводном мониторинге США (Вшивкова и др., 2019).

В процессе исследований дальневосточные гидробиологи столкнулись с трудностями адекватной оценки качества вод при работе на загрязнённых или иным образом нарушенных водотоках. Периодическая несогласованность результатов химических, микробиологических и гидробиологических анализов (причём оценки с использованием водорослей иногда могли значительно отличаться от оценок по показателям водных беспозвоночных) привела к необходимости проведения специальных исследований для преодоления этих противоречий. В связи с этим в 2021 г. инициирован научный проект «Разработка методов комплексной оценки экологического состояния водотоков Восточной России, находящихся в условиях антропогенного воздействия». Была создана группа учёных, специализирующихся в различных направлениях речной экологии (гидрологов, гидрохимиков, микробиологов, альгологов, зоологов), из институтов ДВО РАН и ведомственных учреждений (Дальневосточный филиал ФГБУ РосНИИВХ), а также университетов Приморского края (ДВФУ и ВВГУ) и разработан план исследовательских работ в рамках провозглашённого проекта. В качестве модельной территории был выбран полуостров Муравьёва-Амурского, на котором расположена Владивостокская городская агломерация, и речная сеть которого включает большое количество водотоков с различной степенью антропогенного воздействия.

Цель настоящей работы – предварительная оценка экологического состояния водотоков полуострова Муравьёва-Амурского по степени нарушенности лесных насаждений в водоохранных зонах и выбор модельных водотоков для комплексных исследований согласно планам анонсированного проекта.

Район исследований

Полуостров Муравьёва-Амурского является самым крупным в Приморском крае, вытянут с северо-востока на юго-запад, омывается водами Японского моря с запада Амурским заливом, с востока – Уссурийским заливом, с юга – водами бухт Золотой Рог, Диомид, Большой Улисс, Патрокл и проливом Босфор Восточный, который отделяет его от Русского острова. Длина полуострова составляет примерно 35 км, ширина от 9 до 17 км, площадь – 414 км². Географические координаты полуострова: 43°09' с.ш., 131°59' в.д. (Полуостров Муравьёва-Амурского, 2023).

Полуостров расположен в зоне Южного Сихотэ-Алиня, где преобладают низкие и средневысотные горы. Высота гор колеблется от 426,7 м (на водоразделе, проходящем по полуострову ближе к Уссурийскому заливу) до 70–90 м (у побережья Амурского залива). Средняя высота гор 200 метров. В распадках между горами, с перепадами высот 50–150 метров и шириной по верху 3–5 км, а по низу – 1–2 км, имеющих преимущественно меридиональное направление, протекают малые реки и ручьи.

Речная сеть полуострова Муравьёва-Амурского (включая о-в. Русский) представлена в основном малыми и самыми малыми водотоками, длина которых не превышает 10 км (исключение – реки Песчанка и Богатая). Более крупные водотоки текут на запад и впадают в Амурский залив, менее крупные относятся к бассейну Уссурийского залива. Площадь бассейна Амурского залива составляет 236 км², площадь бассейна Уссурийского залива – 178 км² (Гидрологическое описание..., 2023). Реки полуострова имеют значительный продольный уклон русла. Резкий перепад от больших уклонов почти к нулевым во время ливней создает условия для затопления поймы средней и нижней частей рек. Гидрологический режим рек 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 (Седанка) построены водохранилища, с площадями акватории, соответственно, 1,86 и 0,84 км². Часть водотоков, особенно расположенных в пределах Владивостока и Артема, подвергалась антропогенному воздействию на протяжении всего времени освоения территорий. Особенно пострадали реки Объяснения, Первая Речка и Вторая Речка, экосистемы которых практически на всем протяжении деградированы в различной степени. Многие речки и ручьи, протекающие в черте города Владивостока, упрятаны в железобетонные лотки. Водотоки пригородной зоны нарушены, в основном, в низовьях.

Климат умеренно муссонный, характеризуется хорошо выраженной контрастной сменой сезонных воздушных масс. Количество осадков в год – 840 мм. Средняя влажность составляет 71 % в год. На территории города часты дожди и туманы, число дождливых дней в году около 133, дней с туманами – 106. Среднее число снежных дней в году составляет 77 дней с максимальным количеством в январе (24 дня) (Коридзе, 2023).

Владивостокский городской округ занимает практически всю территорию полуострова до посёлка Трудовое, полуострова Песчаный, и включает около полусотни островов в заливе Петра Великого, в том числе, остров Попова. Общая площадь земель в пределах Владивостокского ГО составляет около 590 км², включая площади шести прилегающих населенных пунктов. Наиболее плотно город застроен в южной части полуострова. В последние годы темпы строительства резко увеличились, вырубаются городские и пригородные леса, строительство идёт даже в водоохранных зонах городских рек, что отрицательно сказывается на биоразнообразии пресноводной биоты (Владивостокский городской округ, 2023).

Материалы и методы

Оценка состояния водотоков п-ова Муравьёва-Амурского и их водоохранных зон проводилась с помощью спутникового мониторинга и полевых обследований. Сведения о некоторых крупных водотоках полуострова были получены на соответствующих сайтах: Примгидромет, Примпогода, Росводресурсы и др. Кроме того, в целях составления реестра водотоков и оценки состояния лесного покрова в водоохранных зонах рек были проанализированы картографические данные со спутника Landsat (Landsat-8 / LDCM (Landsat Data Continuity Mission), электронный ресурс) за 20 января 2017 г. с сайта организации USGS (Геологическая служба США), выложенные в свободный доступ. Для просмотра космических снимков со спутника Landsat использовалась программа SASPlanet ((SAS.Планета), электронный ресурс). Были измерены площади водоохранных зон, длина русел, определены координаты устьев и измерены площади нарушенного лесного покрова. Целостность лесного покрова оценивали по трем категориям на основании степени вырубок и застройки территории: I категория – водоохранные зоны с высокой степенью антропогенной нагрузки, вырубки от 60 до 100 %; II – вырубки менее 60 %; III категория (включает две подгруппы IIIa и IIIб): IIIa – девственные территории, вырубки отсутствуют, либо совсем незначительные (менее 1–2 %), IIIб – вырубки менее 30 %.

Выбор водотоков для дальнейших комплексных исследований осуществлялся исходя из их соответствия указанным категориям и из удобства достижения при экспедиционных изысканиях.

Результаты

В данной работе, на первом этапе исследования, была изучена целостность лесов в водоохранной зоне водотоков. Эта характеристика может рассматриваться как интегрированный показатель состояния речных экосистем.

Всего на полуострове с помощью космических снимков зарегистрировано более 350 рек и крупных ручьев. Для исследования в рамках анонсированного проекта нами было выбрано 88 основных водотоков с различной степенью антропогенного воздействия и проанализировано состояние лесного покрова их водоохранных зон (рис. 1). В таблице 1 представлен список избранных водотоков. Так как часть рек не имеет своих названий, они были пронумерованы нами с целью их дальнейшей идентификации; некоторым рекам были присвоены условные названия, под которыми они обозначались в ранних проектах, как, например, ручьи «Академический», «Океанский (Лесной)», «Эврика» – их названия взяты в кавычки, рядом указан ранее присвоенный идентификационный номер.

По нашим результатам общая максимальная площадь водоохранных зон равна 2829,3 км², что составляет 5,53 % от суммарной площади полуострова Муравьёва-Амурского, о-ва Русский и о-ва Попова (общая площадь равна 507,6 км²).

В результате анализа целостности лесного покрова в водоохранных зонах были выделены 3 группы водотоков с различной степенью экологических нарушений (рис. 2):

Рисунок 2. Карта кластеров речной сети полуострова Муравьёва-Амурского с различной степенью экологических нарушений: 1 – область речной сети с высокой степенью экологических нарушений, 2 – область умеренного антропогенного воздействия, 3 – область речной сети с отсутствием или минимальным антропогенным воздействием.

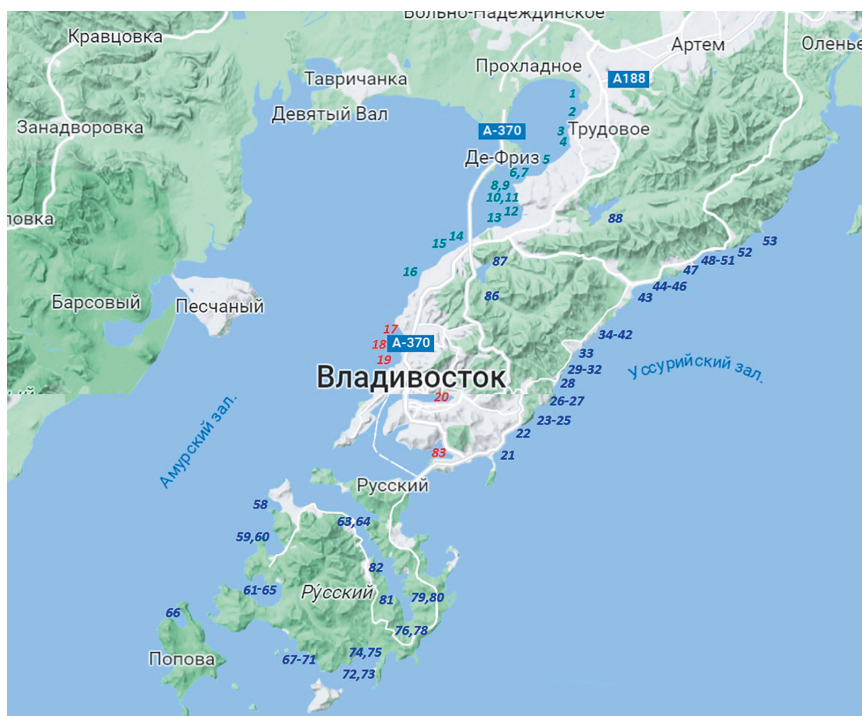


Рис. 1. Карта-схема рек, в водоохранных зонах которых проводился анализ целостности лесного покрова (цифрами обозначены устья рек из табл. 1)

Таблица 1

Площади водоохранных зон полуострова Муравьёва-Амурского

№	Водоток	Координаты устья	Длина реки, м	Водоохранная зона, м	Общая площадь, м ²
1	2	3	4	5	6
1	Р. Песчанка	43.3157, 132.0640	12 078	100	2 415 600
2	Р. Овражная	43.3090, 132.0645	2582	50	258 200
3	Р. Угольная	43.2977, 132.0533	4891	50	489 100
4	Р. Пятый Ключ	43.2900, 132.0550	5079	50	507 900
5	Р. Весенняя	43.2790, 132.0449	3189	50	318 900
6	Ручей без названия_1	43.2706, 132.0310	3135	50	313 500
7	Ручей без названия_2	43.2684, 132.0294	575	50	57 500
8	Ручей без названия_3	43.2675, 132.0239	1795	50	179 500
9	Ручей без названия_4	43.2636, 132.0138	711	50	71 100
10	Ручей без названия_5	43.2583, 132.0057	1169	50	116 900
11	Ручей без названия_6	43.2528, 132.0065	968	50	96 800
12	Р. Богатая (II)	43.2416, 132.0122	23 379	100	4 675 800
13	Р. Чёрная Речка (II)	43.2347, 132.0004	6888	50	688 800
14	Р. Пионерская (Седанка) (II)	43.2198, 131.9547	2387	50	238 700
15	Ручей без названия_7	43.2159, 131.9440	1750	50	175 000
16	Ручей «Академический» (II)	43.1962, 131.9186	2293	50	229 300
17	Р. Вторая Речка (I)	43.1606, 131.9059	6329	50	632 900
18	Р. Ишимка	43.1577, 131.9062	443,74	50	44 374
19	Р. Первая Речка (I)	43.1442, 131.9013	8850	50	885 000
20	Р. Объяснения (I)	43.1053, 131.9302	7077,81	50	707 781
21	Ручей без названия_8	43.0746, 131.9625	1092,49	50	109 249
22	Ручей без названия_9	43.0910, 131.9831	531,46	50	53 146
23	Р. Щитовая	43.1139, 132.0110	3023,02	50	302 302
24	Ручей без названия_10	43.1154, 132.0177	920	50	92 000
25	Ручей без названия_11	43.1216, 132.0324	1469,66	50	146 966
26	Ручей без названия_12	43.1222, 132.0330	1334,23	50	133 423
27	Ручей без названия_13	43.1276, 132.0404	522,39	50	52 239
28	Р. Мёртвая Падь (III)	43.1310, 132.0433	4347,77	50	434 777
29	Ручей без названия_14	43.1372, 132.0478	941,95	50	94 195
30	Ручей без названия_15	43.1402, 132.0511	3261,78	50	326 178
31	Ручей без названия_16	43.1434, 132.0539	1161,47	50	116 147
32	Ручей без названия_17	43.1496, 132.0580	1051,55	50	105 155
33	Р. Десантная	43.1518, 132.0609	3759,17	50	375 917
34	Ручей без названия_18	43.1598, 132.0727	682,54	50	68 254
35	Ручей без названия_19	43.1643, 132.0801	3021,56	50	302 156
36	Ручей без названия_20	43.1676, 132.0827	1285,15	50	128 515
37	Ручей без названия_21	43.1700, 132.0876	1508,34	50	150 834
38	Ручей без названия_22	43.1760, 132.0976	746,57	50	74 657
39	Ручей без названия_23	43.1771, 132.0968	300,17	50	30 017
40	Ручей без названия_24	43.1795, 132.1001	2041,11	50	204 111
41	Ручей без названия_25	43.1795, 132.1006	1266,94	50	126 694
42	Ручей без названия_26	43.1904, 132.1106	3020,2	50	302 020
43	Р. Лазурная (III)	43.1941, 132.1149	7945,19	50	794 519
44	Ручей без названия_27	43.1960, 132.1277	1176,27	50	117 627

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
45	Ручей «Эврика»_28 (III)	43.2019, 132.1425	2502,11	50	250 211
46	Ручей без названия_29	43.2036, 132.1562	1087,39	50	108 739
47	Ручей Лагерный (III)	43.2072, 132.1601	2499,59	50	249 959
48	Ручей «Первый»_30 (III)	43.2076, 132.1650	2246,59	50	224 659
49	Ручей «Океанский»_31 (III)	43.2157, 132.1744	2635,34	50	263 534
50	Ручей без названия_32	43.2159, 132.1749	778,49	50	77 849
51	Ручей без названия_33	43.2171, 132.1836	2263,1	50	226 310
52	Р. Чумакова (III)	43.2195, 132.2001	4888,69	50	488 869
53	Безымянный ручей.	43.2284, 132.2197	1241,2	50	124 120
54	Р. Муравьёвка.	43.2354, 132.2293	2680,95	50	268 095
55	Ручей без названия_34	43.2408, 132.2399	1949,57	50	194 957
56	Ручей без названия_35	43.2408, 132.2399	1692,6	50	169 260
57	Р. Тавайза	43.2620, 132.2561	5520,92	50	552 092
58	Ручей Рында	43.0436, 131.8010	1983,58	50	198 358
59	Ручей без названия_36	43.0251, 131.8038	2967,03	50	296 703
60	Ручей без названия_37	43.0206, 131.8012	2263,46	50	226 346
61	Р. Русская (III)	43.0021, 131.8011	6289,65	50	628 965
62	Ручей без названия_38	42.9982, 131.8022	7096,59	50	709 659
63	Ручей без названия_39	42.9967, 131.7764	671,76	50	67 176
64	Ручей без названия_40	42.9980, 131.7553	1220,97	50	122 097
65	Ручей без названия_41	42.9885, 131.7561	1778,14	50	177 814
66	Ручей без названия_42	42.9871, 131.7558	1215,32	50	121 532
67	Ручей без названия_43	42.9791, 131.7278	1505,73	50	150 573
68	Ручей без названия_44	42.9736, 131.8126	1079,93	50	107 993
69	Ручей без названия_45	42.9665, 131.8207	657,05	50	65 705
70	Ручей без названия_46	42.9658, 131.8227	473,68	50	47 368
71	Ручей без названия_47	42.9600, 131.8305	1528,35	50	152 835
72	Ручей без названия_48	42.9593, 131.8476	1101,73	50	110 173
73	Ручей без названия_49	42.9595, 131.8497	1433,18	50	143 318
74	Ручей без названия_50	42.9669, 131.8723	2066,23	50	206 623
75	Ручей без названия_51	42.9621, 131.8770	629,41	50	62 941
76	Ручей без названия_52	42.9820, 131.8971	2234,71	50	223 471
77	Ручей без названия_53	42.9844, 131.9015	1553,7	50	155 370
78	Ручей без названия_54	42.9871, 131.9030	1319,67	50	131 967
79	Ручей без названия_55	42.9960, 131.9026	1555,89	50	155 589
80	Ручей без названия_56	43.0037, 131.8967	845,35	50	84 535
81	Ручей без названия_57	42.9957, 131.8820	2910,94	50	291 094
82	Ручей без названия_58	43.0182, 131.8670	1568,79	50	156 879
83	Ручей без названия_59	43.0326, 131.8582	2120,19	50	212 019
84	Ручей без названия_60	43.0426, 131.8483	1182,22	50	118 222
85	Ручей без названия_61	43.0733, 131.9332	2718,46	50	271 846
86	Р. Большая Пионерская (II)	43.1962, 131.9774	9695,84	50	969 584
87	Р. Малая Пионерская (II)	43.2095, 131.9845	5245,12	50	524 512
88	Р. Хайндот	43.2443, 132.0861	4593,42	50	459 342
Общая площадь водоохранных зон рек и ручьёв полуострова.				28 293 016 м ²	

Примечание: жирным шрифтом выделены водотоки, которые изучаются на первых этапах исследования, другие водотоки намечены для исследований на 2-м и 3-м этапах; римские цифры I–III – группы рек с разной степенью нарушенности лесного покрова.

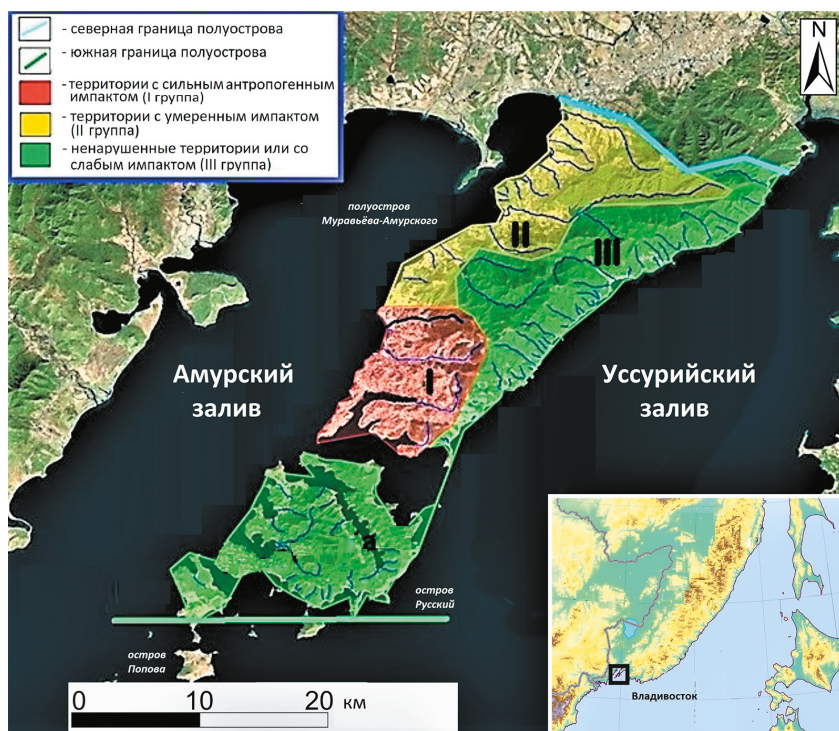


Рис. 2. Карта кластеров речной сети полуострова Муравьева-Амурского с различной степенью экологических нарушений: 1 – область речной сети с высокой степенью экологических нарушений, 2 – область умеренного антропогенного воздействия, 3 – область речной сети с отсутствием или минимальным антропогенным воздействием

Группа I. Реки, на которые антропогенное воздействие оказывалось с середины двадцатого века. К ним относятся реки Вторая Речка, Первая Речка, Объяснения и др. Данные водотоки практически на всём протяжении подвержены антропогенному воздействию, за исключением небольшой истоковой зоны. Русла этих рек на многих участках забетонированы, что устанавливает для них особый режим водоохранных зон, при котором ширина зоны совпадает с урезом воды (это было учтено при исследованиях).

Группа II. Шестнадцать водотоков, расположенных в окрестностях города, которые попали в зону освоения в относительно недавнее время. Анализ рек второй группы показал, что в их водоохранных зонах присутствуют многочисленные нарушения на различных продольных участках русла, но значительные нарушения преобладают в низовьях. К данной группе относятся реки Богатая, Чёрная Речка, Пионерская (Седанка), руч. «Академический» и другие.

Группа III. Включает почти не затронутые хозяйственной деятельностью человека реки и ручьи. И хотя при анализе спутниковых снимков не было замечено каких-либо нарушений, это вовсе не означает, что эти реки не нарушены. Можно лишь утверждать, что вырубки леса (если они есть) в водоохранных зонах составляют менее 1–2%. В данную группу входят практически все водотоки бассейна Уссурийского залива: реки Десантная, Тавайза, Муравьевка, Щитовая, Лазурная, Лагерная, Мёртвая падь, Чумакова и другие, а также многие малые реки острова Русский, включая р. Русская.

После выделения кластеров с различной степенью экологических нарушений, были выбраны типичные для каждого кластера водотоки. В Группе I в качестве

модельных водотоков избраны реки Объяснения, Первая и Вторая Речки; в Группе II – реки Чёрная Речка, Пионерская (Седанка), Богатая, руч. «Академический»; в Группе III – четыре водотока, расположенные на территории Всесоюзного детского центра «Океан»: ручьи «Первый», Лагерный, «Океанский», «Эврика», а также р. Лазурная.

Для отработки методик по отбору и анализу материала по дальневосточным протоколам пресноводного биоассесмента (FE RBPs), частично опубликованным в монографии Т.С. Вшивковой с соавторами (Вшивкова и др., 2019), были проведены первые пробные исследования на модельной р. Вторая Речка, расположенной в пределах кластера I. В период с 2019 по 2021 гг. отобрано 5 серий проб на 7 станциях, расположенных по продольному профилю реки от истока к устью. Пробы отбирались для гидрохимического, микробиологического и гидробиологического (водоросли, макрозообентос) анализов. Одновременно были взяты пробы для химического анализа донных осадков и почвенные образцы на прибрежных участках и проведена визуальная оценка нарушений на территории всего бассейна реки. В результате выявлена высокая степень экологических нарушений разнообразного характера вдоль всего русла реки, за исключением самого верхнего, истокового участка. Отмечены механические нарушения русла в результате интенсивной жилой застройки, дорожного и железнодорожного строительства, загрязнения ливневыми водами, смывами нефтепродуктов и замусоривание бытовыми отходами (Вшивкова и др., 2021а). Получен обширный материал для химико-микробиологического и гидробиологического анализов, который, с одной стороны, позволил выделить зоны с экологическими нарушениями, с другой стороны – выявить несоответствия оценок качества воды при разных подходах (Вшивкова и др., 2021а, б; Жарикова и др., 2021; Никулина и др., 2021). Так, оценки качества вод нижних участков р. Вторая Речка по показателям макрозообентоса характеризовали воды как «грязные» и «очень грязные», тогда как по химическим и альгологическим показателям эти участки оценивались как «слабо» или «умеренно загрязнённые». Выяснилось также, что некоторые показатели (индексы, метрики) с использованием водных беспозвоночных, не чётко характеризовали состояние вод, а иногда и вовсе не соответствовали наблюдаемой ситуации. Был сделан вывод о необходимости пересмотра некоторых химических и биоиндикационных показателей при оценке качества вод на мелководных, хорошо аэрируемых участках перекатов малых рек, и определены задачи по адаптации оценочных критериев к региональным особенностям гидрологии и биоты местных водотоков.

Методы отбора проб и оценки качества вод по протоколам, предложенным Т.С. Вшивковой с соавторами (2019), помогли разработать алгоритм процесса комплексного экомониторинга на урбанизированных водотоках. Опираясь на полученный опыт при исследовании р. Вторая Речка, в 2022 и 2023 гг. были организованы сборы материала на других модельных водотоках полуострова в наиболее урбанизированной части (I кластер – реки с сильным антропогенным импактом практически на всей территории речного бассейна: реки Объяснения, Первая Речка и Вторая Речка); водотоки бассейна Амурского залива, пригородная зона Владивостока (II кластер – реки с умеренным нарушением в средней и верхней частях бассейна: реки Пионерская (Седанка), Чёрная Речка, Богатая, руч. «Академический»); водотоки Уссурийского залива (III кластер – практически ненарушенные или слабо импактные быстротоки): ручьи Лагерный, «Первый», «Океанский», «Эврика», расположенные в районе ВДЦ «Океан» и другие. Пробы отбирались на верхних и нижних участках русел по 5 раз в течение года, охватывая ранневесенний,

весенний, летний, осенний и позднесенний периоды, для того, чтобы проследить сезонную динамику русловых, гидрохимических и биологических процессов.

Сохранение биоразнообразия пресноводных экосистем на урбанизированных территориях является трудной, но вполне достижимой задачей. Это уже показано на многочисленных зарубежных примерах. Возрождение городских рек в азиатских и европейских городах становится приоритетной целью, как для управленческих структур, так и для общественности (Middleton, 2001; Rivers..., 2013; Kehoe et al., 2020; Вшивкова, 2022а). Для выполнения таких проектов требуется детальное знание внутренних процессов, происходящих в реках, и транзитных процессов, связывающих водные и прибрежные наземные экосистемы. Такие проекты требуют стратегического планирования, внимания к управлению и крупномасштабных инвестиций. Настоящий проект и связанные с ним исследования представят ценный материал для разработки региональных программ по сохранению и восстановлению региональных речных экосистем. А получение новых знаний о закономерностях изменения рек в условиях антропогенной нагрузки позволит разработать региональные протоколы, позволяющие быстро и точно оценивать эти изменения; что особенно важно при проведении экспресс-мониторинга речных экосистем, расположенных на урбанизированных территориях.

Проект «Разработка методов комплексной оценки экологического состояния водотоков Восточной России, находящихся в условиях антропогенного воздействия» вызвал интерес и поддержку в природоохранных организациях Приморского края, Правительстве и администрации г. Владивостока. Активное участие в проекте принимают приморские школьники и студенты вузов (ДВФУ и ВВГУ) (Гомилевская, Вшивкова, 2023; Крамар и др., 2023).

Благодарности

Выражаем искреннюю благодарность администрациям и сотрудникам ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, ТИГ ДВО РАН за помощь в организации экспедиций по изучению городских рек ДВФУ (Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология», Институт Мирового Океана) и ВВГУ (Международный институт окружающей среды и туризма) за предоставление студентов-волонтеров для участия в сборе и обработке собранного материала. Особая благодарность магистру МИОСТ ВВГУ М.В. Пекарскому за участие в обработке картографического материала с помощью спутниковых технологий дистанционного зондирования Земли. Авторы выражают глубокую признательность мэру города Владивостока Константину Владимировичу Шестакову и начальнику Департамента охраны окружающей среды и природопользования Александру Сергеевичу Волобуеву за поддержку проекта и плодотворное сотрудничество. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031 000 147-6).

Литература

- Владивостокский городской округ. 2023.** <https://web.archive.org/web/20200812200236/>
- 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. 2022.** Сохранение биоразнообразия на урбанизированных территориях: международный опыт и региональный аспект // Сохранение биоразнообразия в Азиатско-Тихоокеанском

- регионе: 50 лет программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера (МАБ)», 29 марта-1 апреля 2022: тезисы докладов пленарного заседания. Владивосток: Изд-во ВГУЭС. С. 60–68.
- Вшивкова Т.С.** 2023. Проблемы сохранения биоразнообразия на урбанизированных территориях: международный опыт и региональный аспект восстановления городских водотоков // Экологические исследования на Дальнем Востоке России: история и современность. Владивосток: Изд-во ВВГУ. С. 67–72.
- Вшивкова Т.С., Стриблинг Д.Б., Флатмерш Д.Е., Морз Д.С.** 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: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та. С. 438–441.
- 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., Клышевская С.В., Дроздов К.А., Жарикова Е.В.** 2021а. Проблемы загрязнения водотоков урбанизированных территорий и пути их решения на примере реки Вторая Речка (Владивосток, Приморский край) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 9. Владивосток: Дальнаука. С. 43–59.
- Вшивкова Т.С., Никулина Т.В., Дроздов К.А., Иваненко Н.В., Сазонов Е.О., Чернышов И.В.** 2021б. Оценка экологического состояния р. Вторая Речка по показателям макрозообентоса // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 9. Владивосток: Дальнаука. С. 60–70.
- Гидрологическое описание полуострова Муравьёва-Амурского.** 2023. Примпогода. http://primpogoda.ru/articles/reki_ozera/gidrologicheskoe_opisanie_poluostrova_muraveva_amurskogo/ (доступ 17 мая 2023).
- Гомилевская Г.А. Вшивкова Т.С.** 2023. Опыт научного сотрудничества Международного Института окружающей среды и туризма (Владивостокский Государственный университет) с академическими институтами ДВО РАН в сфере экологического образования и профессиональной подготовки студентов // Экологические исследования на Дальнем Востоке России: история и современность. Владивосток: Изд-во ВВГУ. С. 313–326.
- 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.
- Коридзе В.** 2023. Особенности климата Владивостока. [Электронный ресурс]. http://www.primgidromet.ru/news/osobennosti_klimata_vladivostoka/
- Крамар А.Б., Вшивкова Т.С., Дроздов К.А.** 2023. Наука в «Океане»: взаимодействие в сфере дополнительного образования между академическими институтами, вузами и ВДЦ «Океан» // Экологические исследования на Дальнем Востоке России: история и современность. Владивосток: Изд-во ВВГУ. С. 333–341.
- 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. 118–129.
- Полуостров Муравьёва-Амурского.** 2023. // Википедия [[https://ru.wikipedia.org/wiki/ Полуостров_Муравьёва-Амурского](https://ru.wikipedia.org/wiki/Полуостров_Муравьёва-Амурского); 12.05.2023]
- Розенберг Г.С., Кавеленова Л.М., Костина Н.В., Прохорова Н.В., Розенберг А.Г.** 2021. Стратегии сохранения биоразнообразия территорий разного масштаба: международный аспект // Биосфера. Т. 13. № 1–2. С. 1–8.
- Bernhardt E.S., Palmer M.A.** 2007. Restoring streams in an urbanizing world // *Freshwater Biology*. Vol. 52. N 4. P. 738–751.
- Booth D.B.** 1991. Urbanization and the natural drainage system – impacts, solutions, and prognoses // *Northwest Environmental Journal*. Vol. 7. N 1. P. 93–118.
- Booth D.B., Roy A.H., Smith B., Capps K.A.** 2016. Global perspectives on the urban stream syndrome // *Freshwater Science*. Vol. 35. N 1. P. 412–420.
- Bolund P., Hunhammar S.** 1999. Ecosystem Services in Urban Areas // *Ecological Economics*. Vol. 29. Is. 2. P. 293–301.
- Chin A.** 2006. Urban transformation of river landscapes in a global context // *Geomorphology*. Vol. 79. Is. 3–4. P. 460–487.
- Kehoe L.J., Lund J., Chalifour L., Asadian Ye., 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., Vennesland 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*. Vol. 3: e310. 15 p.
- Landsat-8 / LDCM (Landsat Data Continuity Mission)** [Электронный ресурс] // The GeoPortal. – Режим доступа: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/landsat-8-ldcm>
- Meyer J., Paul M., Taulbee W. 2005.** Stream ecosystem function in urbanizing landscapes // *Journal of the North American Benthological Society*. Vol. 24. N 3. P. 602–612.
- Middleton J. 2001.** The Stream Doctor Project: Community-Driven Stream Restoration // *BioScience*. Vol. 51. Is. 4. P. 293–296.
- 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. Is. 1. P. 33–42.
- Olson D., Dinerstein E. 2009.** The Global 200: Priority ecoregions for global conservation // *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Vol. 89. P. 199–224.
- Rivers by Design: Rethinking development and river restoration. A guide for planners, developers, architects and landscape architects on maximising the benefits of river restoration. 2013.** Restoring Europe's Rivers. Available online: <http://www.museum.ru/M2054> (accessed on 20 November 2022).
- SasPlanet. 2010.** [Электронный ресурс]: <https://soft.sibnet.ru/soft/15108-sas-planeta-100707/>
- Shahadi T. 2021.** Degradation and Improvement of Urban River Water Quality // *Water Quality – Factors and Impacts*. [10.5772/intechopen.98694]
- 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, 2003). Available online: https://www.researchgate.net/publication/365771098_RUSSIAN_CLEAN_WATER_PROJECT_The_Project_of_Biological_Monitoring_of_Water_Quality_in_South-Russian_Far_East (accessed on 20 November 2022)
- Zerega A., Simões N.E., Feio M.J. 2021.** How to Improve the Biological Quality of Urban Streams? Reviewing the Effect of Hydromorphological Alterations and Rehabilitation Measures on Benthic Invertebrates // *Water*. Vol. 13. 2087. P. 1–13.