

© Автор 2023 г. Открытый доступ.
Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)



© The Author 2023. Open access.
Content is available under Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)

УДК 910.3

<https://doi.org/10.30730/gtr.2023.7.2.196-205>
<https://www.elibrary.ru/yucbey>

Оценка эколого-хозяйственного баланса в водосборе залива Петра Великого (Японское море)

Т. К. Музыченко

E-mail: mtk1998@yandex.ru

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

Резюме. Анализируются показатели эколого-хозяйственного баланса в пределах водосбора зал. Петра Великого. Необходимость данного исследования обусловлена тем, что на экологическую ситуацию в водосборе влияет процесс интенсивного хозяйственного освоения, неравномерно распределенный по изучаемой территории. На основе результатов дешифрирования спутниковых снимков была создана карта, отображающая пространственное распределение 10 типов использования земель (застроенные земли, карьеры, рисовые чеки, сельскохозяйственные земли, неиспользуемые сельскохозяйственные земли, неиспользуемые рисовые чеки, луга, леса, кустарники и водные объекты) по состоянию на 2022 г. Выполнена оценка эколого-хозяйственного баланса для территории водосбора. Водосбор был разделен на 20 речных бассейнов. Каждому типу землепользования присвоен балл антропогенной нагрузки. На основе этого рассчитаны показатели эколого-хозяйственного баланса – коэффициенты абсолютной и относительной напряженности, площадь земель со средо- и ресурсостабилизирующими функциями и коэффициент естественной защищенности. Выявлено, что на изучаемой территории в целом соблюдается баланс между природным потенциалом территории и ее хозяйственным освоением, но в бассейнах рек Богатая и Первая Речка интенсивность антропогенного воздействия повышена. Минимальное влияние хозяйственного освоения на природный потенциал наблюдается на юго-западе водосбора (в бассейнах рек Болотная, Тесная, Цукановка, Гладкая, Рязановка, Пойма, Брусья, Нарва, Барабашевка, Амба).

Ключевые слова: залив Петра Великого, бассейновый подход, эколого-хозяйственный баланс, антропогенная нагрузка, коэффициенты относительной и абсолютной напряженности территории, коэффициент естественной защищенности

Ecological and economic balance evaluation of Peter the Great Gulf basin (Sea of Japan)

Tatiana K. Muzychenko

E-mail: mtk1998@yandex.ru

Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

Abstract. This work analyzes the indicators of ecological and economic balance within the basin of Peter the Great Gulf. The need for this study is due to the fact, that environmental conditions in the basin are greatly affected by the ongoing process of infrastructural and economic development. The aforementioned processes are characterized by unevenness in their spatial distribution. A map that demonstrates the spatial distribution of 10 land use classes (built-up areas, quarries, rice/paddy fields, agricultural lands, unutilized agricultural lands, unutilized rice/paddy fields, grasslands, shrublands, forests and water bodies) of the area of interest has been compiled using satellite imagery as of 2022. The ecological and economic balance of the basin, which was subdivided into 20 smaller river basins, has been evaluated. Each land use class was assigned to a category representing the intensity of anthropogenic impact. Ecological and economic balance indicators – absolute tension, relative tension, natural protectiveness indices and total area of land with resource-stabilizing properties – were calculated. The balance between the natural potential and economic development was found to be maintained in the study area as a whole, albeit with a few exceptions such as the Pervaya Rechka and Bogataya river basins which host the most intense human impact in the basin. Minimum human influence on the natural potential can be observed in the southwest of the basin (basins of the Bolotnaya, Tesnaya, Tsukanovka, Gladkaya, Ryazanovka, Poyma, Brusya, Narva, Barabashevka, Amba rivers).

Keywords: Peter the Great Gulf, basin approach, ecological and economic balance, anthropogenic impact, absolute and relative tension indices, natural protectiveness index

Для цитирования: Музыченко Т.К. Оценка эколого-хозяйственного баланса в водосборе залива Петра Великого (Японское море). *Геосистемы переходных зон*, 2023, т. 7, № 2, с. 196–205. <https://doi.org/10.30730/gtr.2023.7.2.196-205>; <https://www.elibrary.ru/yucbey>

For citation: Muzychenko T.K. Ecological and economic balance evaluation of Peter the Great Gulf basin (Sea of Japan). *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2023, vol. 7, no. 2, pp. 196–205. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2023.7.2.196-205>; <https://www.elibrary.ru/yucbey>

Введение

Водосбор залива Петра Великого (ЗПВ) подвергается значительному антропогенному воздействию, которое необходимо отслеживать и измерять не только для своевременного реагирования при ухудшении экологической обстановки, но и для разработки планов по устойчивому развитию территории.

Водосборы крупных объектов – рек, озер – являются пространственными системами суши с мощным интегрирующим фактором и четкими границами – водоразделами, способствующими формированию целостных социальных и хозяйственных систем. В бассейнах крупных рек и на побережье морей, как правило, наиболее высокая плотность населения [1, 2].

Основоположником бассейнового подхода считается Р. Хортон, который охарактеризовал речные бассейны как «эрозионные комплексы» [3]. В работах В.Б. Сочавы, М.И. Львовича, Н.И. Коронкевича, А.И. Субботина и Л.М. Корытного речной бассейн представлен как геосистема [1, 4–7]. При анализе структуры использования земель бассейновый подход позволяет устанавливать эффективные пространственные формы взаимодействия между природопользователями, опираясь на специфику природно-хозяйственных условий в конкретном бассейне [1]. Данный подход также широко применяется в практике изучения трансграничных территорий, различные части которых соединены энергетическими, вещественными, информационными потоками, но одновременно разделены границами государств [8, 9]. Для них особенно важен анализ пространственной структуры земель. Одной из таких территорий является входящий в водосбор ЗПВ трансграничный бассейн р. Раздольной.

Концепция эколого-хозяйственного баланса (ЭХБ), разработанная Б.И. Кочуровым [10], подразумевает обеспечение баланса между возможностями природы и интересами различных групп населения на какой-либо территории. Результатом ЭХБ, достигаемого

посредством совершенствования существующей структуры землепользования, является обеспечение устойчивого развития природы и общества, воспроизводства природных ресурсов, а также отсутствие негативных экологических последствий.

Прибрежные районы, формируя зону контакта моря и суши, играют значительную роль в природных и антропогенных процессах. Они обладают высокой экологической, социально-экономической и эстетической ценностью. Интенсификация и диверсификация человеческой деятельности приводят к изменению геоморфологических и гидрологических параметров территорий, а также оказывают влияние на морскую среду и биологические сообщества. Эти процессы, в свою очередь, снижают способности прибрежных экосистем выполнять хозяйственные, рекреационные, навигационные и прочие социально значимые функции. Показатели ЭХБ демонстрируют, как распределение антропогенной нагрузки по территории влияет на устойчивость природных ландшафтов [11]. Концепция ЭХБ нашла широкое применение во всех регионах страны, при этом в основном в качестве объектов оценок выступают административные территории – субъекты федерации или муниципальные образования [12–18].

Целью настоящей работы является оценка показателей эколого-хозяйственного баланса на основе структуры пространственного распределения типов использования земель в пределах водосбора зал. Петра Великого. Для достижения цели выполнены следующие задачи – составлена карта пространственного распределения земель в водосборе ЗПВ, выполнен расчет картографо-статистических данных по землепользованию, осуществлена оценка эколого-хозяйственного баланса территории.

Материалы и методы

В основу расчетов показателей ЭХБ [10] для водосбора ЗПВ легли картографо-статистические данные о пространственной струк-

туре землепользования в этой зоне в масштабе 1:100 000, полученные в результате дешифрирования данных дистанционного зондирования – спектрально-анализных снимков среднего пространственного разрешения с космических аппаратов Landsat 8 и Sentinel-2. Обработка данных и подготовка картографических материалов выполнена посредством ArcGIS Pro 2.8 [19].

Начальным этапом оценки ЭХБ является определение степени антропогенной нагрузки. Методом экспертно-балльной оценки каждому из 10 типов землепользования, выделенных нами в соответствии с геоэкологической классификацией ландшафтов В.А. Николаева [20], была присвоена одна из 6 возможных категорий антропогенной нагрузки. Высшей степенью нагрузки отличаются застроенные территории, а также карьеры, в связи с чем данным категориям земель присвоен балл 6. Балл 5 получили рисовые чеки, так как их постоянное орошение оказывает значительное влияние на ландшафты и водные объекты территории; балл 4 – эксплуатируемые сельскохозяйственные угодья; 3 – сельскохозяйственные угодья и рисовые чеки, которые не находятся в использовании, но последствия оказываемого на них в прошлом воздействия, как правило, все еще остаются заметными. Балл 2 получили луга по причине того, что объем антропогенных воздействий на них ограничен. К однопольной категории отнесены земли природоохранного назначения, кустарники, леса и водные объекты.

Индекс антропогенной нагрузки (АН) рассчитывается по формуле 1, где r – это балл антропогенной нагрузки, а S_r – процентная доля данной категории земель в общей площади.

$$АН_n = r \cdot S_r. \quad (1)$$

Коэффициент абсолютной напряженности эколого-хозяйственного состояния территории K_a показывает отношение площади земель с высшей степенью антропогенной нагрузки к площади земель с очень низкой степенью:

$$K_a = \frac{АН_6}{АН_1}. \quad (2)$$

Данный показатель отображает восстановительный потенциал ландшафтов территории, уравновешивающий сильные антропогенные воздействия. Чем ниже коэффициент K_a ,

тем более благополучным является состояние окружающей среды.

Коэффициент относительной напряженности эколого-хозяйственного состояния территории (K_o) характеризует сбалансированность пространственной структуры землепользования:

$$K_o = \frac{АН_4 + АН_5 + АН_6}{АН_1 + АН_2 + АН_3}. \quad (3)$$

Эталонным значением K_o является 1.0 – в данной ситуации на территории соблюдается баланс между различными антропогенными воздействиями и восстановительным потенциалом природы.

Каждому антропогенному воздействию или их совокупности соответствует свой предел устойчивости природных и природно-антропогенных ландшафтов. Он зависит от площади естественных биогеоценозов, урочищ, природоохранных зон и особо охраняемых территорий, в совокупности способных выполнять средо- и ресурсостабилизирующие функции, и выражается показателем $P_{сф}$:

$$P_{сф} = P_1 + 0.8 P_2 + 0.6 P_3 + 0.4 P_4 \quad (4)$$

Чем больше его значение, тем выше естественная защищенность территории и, соответственно, устойчивость ландшафтов [1].

Коэффициент естественной защищенности земельного фонда ($K_{ЕЗ}$) отражает долю земель со средо- и ресурсостабилизирующими функциями в общей площади территории (P_o). Рассчитывается коэффициент по формуле

$$K_{ЕЗ} = \frac{P_{сф}}{P_o}. \quad (5)$$

Величина данного показателя менее 0.5 свидетельствует о критически низком уровне защищенности территории. В отличие от сравнения процентно-площадных соотношений различных типов землепользования (например, лесистости или распаханности территории), $K_{ЕЗ}$ является интегральной характеристикой и может быть использован для комплексной оценки территории.

Результаты и обсуждение

Водосбор ЗПВ охватывает юг Приморского края Российской Федерации, юго-вос-

ток провинции Хэйлунцзян и северо-восток провинции Цзилинь Китайской Народной Республики. Около 66.94 % его территории находится в пределах РФ, соответственно 33.06 % – на территории КНР.

Для более подробного анализа результатов картографирования водосбор ЗПВ на основе пространственных данных HydroATLAS (<https://www.hydrosheds.org/hydroatlas>) был поделен на 20 бассейнов рек (без учета их притоков и мелких рек на островных территориях), впадающих в зал. Петра Великого. Более половины площади водосбора (55.8 %) занимает бассейн р. Раздольной, 14.7 % – бассейн р. Партизанской, 4.7 % – Артемовки и 3.1 % – Петровки. Доля бассейнов остальных рек составляет суммарно 21.7 %.

Леса, кустарники, а также водные объекты, являясь категориями земель с наименьшей степенью антропогенной нагрузки (1 балл), доминируют в пределах каждого бассейна, входящего в водосбор ЗПВ (рис. 1). Леса встречаются повсеместно во внутренних, преимущественно горных, районах водосбора, а в долинах рек и на прибрежных равнинах замещаются другими типами земель. В среднем течении р. Раздольной и в низовьях р. Болотной сплошной лесной покров отсутствует [21]. Максимальная доля земель (92.9 % от площади бассейна) с баллом 1 наблюдается в бассейне р. Шкотовка (табл. 1), а минимальная – в бассейне р. Болотной (38.8 %). Суммарная площадь данной категории по всему водосбору составляет 23 637.1 км² (77.6 % от общей площади водосбора) (табл. 1).

Луга (2 балла), как правило, замещают земли лесов в долинах рек, вокруг крупных водоемов и на побережьях. Наиболее обширны их площади на северо-западе российской части бассейна р. Раздольной, а также в бассейне р. Болотной, в силу их ландшафтных особенностей. Суммарная их площадь по всему водосбору ЗПВ составляет 2 176.2 км² (7.1 % от площади водосбора) (табл. 1). Наибольшая доля земель с баллом 2 в бассейне р. Болотной (57.3 %), а наименьшая – в бассейне Первой Речки (1 %).

Неэксплуатируемые сельскохозяйственные земли и рисовые чеки (балл 3) занимают 2.9 % от площади водосбора ЗПВ (894.4 км²)

(табл. 1). Территории данной категории распространены в среднем и нижнем течении бассейна р. Раздольной, а также в устье р. Артемовка. Бассейн р. Амба отличается наибольшей долей земель с 3-балльной степенью АН (7.9 %), а бассейн р. Рязановка – наименьшей (0.3 %).

Эксплуатируемые сельскохозяйственные угодья (4-балльная степень АН) составляют 9 % от общей площади (2 733.6 км²) (табл. 1). Как правило, они располагаются в низовьях и средних течениях крупных рек изучаемого водосбора, а также на крупных равнинных участках – например, на Раздольненской равнине, в Артемовской межгорной котловине. Крупные массивы возделываемых полей имеются в верховьях и среднем течении рек Дасуйфэньхэ и Сяосуйфэньхэ, которые своим слиянием образуют р. Раздольную. Максимальная доля земель, принадлежащих к данной категории, отмечена в бассейне р. Раздольной (13.8 %), а их полное отсутствие – в бассейне р. Брусья.

Эксплуатируемые рисовые чеки (5 баллов) расположены исключительно в среднем течении р. Раздольной. Их площадь составляет 35.7 км² (табл. 1) (0.1 % от общей площади водосбора ЗПВ).

Территории, включающие в себя застроенные земли и карьеры, с максимальным баллом 6 АН, как правило, располагаются в долинах рек и на побережьях. Крупные города присутствуют в бассейне р. Раздольной (Уссурийск, Суйфэньхэ и Дуннин), в центральной (Владивосток, Артём и их агломерации) и восточной частях водосбора (Находка и Партизанск). Земли, входящие в данную категорию, занимают 3.3 % от площади водосбора (1 001.5 км²) (табл. 1). Наибольшая доля земель с максимальной антропогенной нагрузкой в бассейнах рек Первая Речка и Богатая (31.7 % и 31.9 % соответственно).

Для каждого речного бассейна в пределах водосбора зал. Петра Великого были рассчитаны показатели ЭХБ – коэффициенты абсолютной (K_a) и относительной (K_o) напряженности, площадь земель со средо- и ресурсостабилизирующими функциями (P_{cf}) и коэффициент естественной защищенности ($K_{ЕЗ}$) (табл. 2).

Коэффициент абсолютной напряженности. Общее для водосбора значение K_a составляет 0.25, что указывает на преобладание мало-

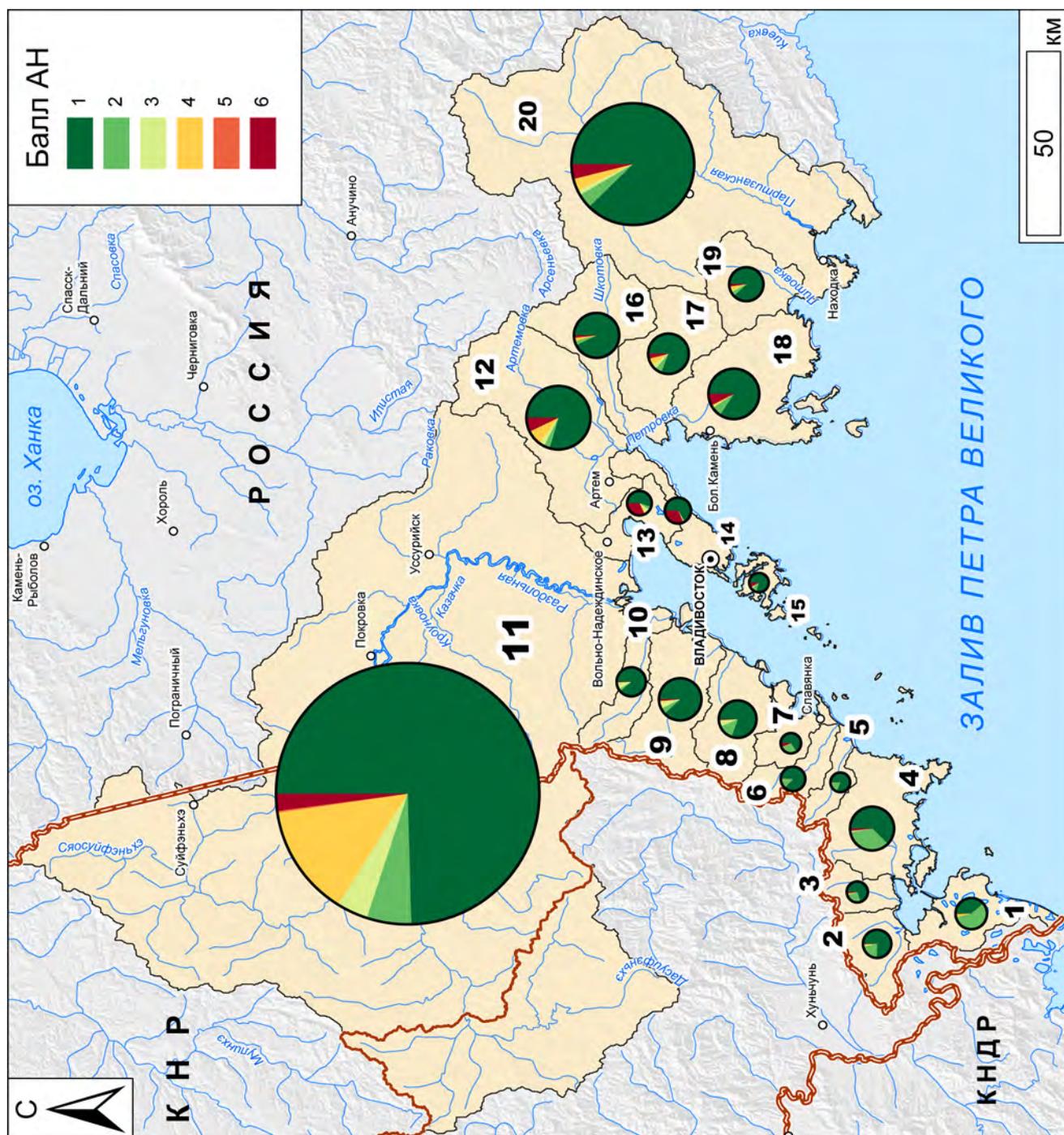


Рис. 1. Пространственное распределение площадей земель с различной степенью антропогенной нагрузки в бассейнах рек водосбора ЗПВ. Бассейны рек: 1 – Болотная, 2 – Тесная, 3 – Цу-кановка, 4 – Гладкая, 5 – Рязановка, 6 – Пойма, 7 – Брусья, 8 – Нарва, 9 – Барабашевка, 10 – Амба, 11 – Раздольная, 12 – Артёмовка, 13 – Богатая, 14 – Первая Речка, 15 – островные территории, 16 – Шкотовка, 17 – Суходол, 18 – Петровка, 19 – Литовка, 20 – Партизанская.

Fig. 1. Spatial distribution of land areas with varying degrees of anthropogenic load in river basins of Peter the Great Gulf. River basins: 1 – Bolotnaya, 2 – Tesnaya, 3 – Tsukanovka, 4 – Gladkaya, 5 – Ryazanovka, 6 – Poyma, 7 – Brusya, 8 – Narva, 9 – Barabashovka, 10 – Amba, 11 – Razdolnaya, 12 – Artyemovka, 13 – Bogataya, 14 – Pervaya Rechka, 15 – island territories, 16 – Shkotovka, 17 – Sukhodol, 18 – Petrovka, 19 – Litovka, 20 – Partizanskaya.

нарушенных земель. Максимальные значения (0.62 и выше) этого коэффициента отмечаются для бассейна Первой Речки и р. Богатой, где значительные площади занимают застроенные земли (рис. 2).

Средние значения коэффициента K_a (0.30–0.61) характерны, как правило, для центральной части водосбора – бассейнов рек Артёмовка, Петровка и Брусья, а также для островных территорий. В их пределах хозяйственное освоение имеет очаговый характер, но, в отличие от предыдущей категории, все же преобладают ненарушенные земли. На островных территориях такие значения коэффициента получены в большей части за счет островов Русский и Попова.

Остальные бассейны водосбора отличаются низкими значениями K_a (ниже 0.29). Примечательно, что в пределах бассейна Раздольной доля ненарушенных (или менее нарушенных) территорий в относительном выражении больше, чем антропогенно преобразованных. Ми-

нимальные значения данного коэффициента относятся к большей части бассейнов юго-запада водосбора (реки Пойма, Тесная, Болотная и Рязановка), которые отличаются минимальным хозяйственным освоением. Также в их пределах, как правило, находятся ООПТ.

Коэффициент относительной напряженности. Наиболее высокие показатели K_o (выше 0.79) получены для бассейнов рек Богатая и Первая Речка – 2.41 и 2.79 соответственно. Это указывает на явно выраженную экологическую напряженность и на то, что данная территория является несбалансированной по степени и потенциалу устойчивости природы.

В остальных бассейнах значение K_o менее 1, что означает преобладание малонарушенных типов земель. Средним по водосбору значением является 0.56.

Средние значения K_o (0.33–0.78) определены для бассейна р. Раздольной, островных территорий, а также для центральной и вос-

Таблица 1. Распределение площадей земель с различной степенью антропогенной нагрузки в пределах водосбора зал. Петра Великого (км²)

Table 1. Distribution of land areas with varying degrees of anthropogenic load within Peter the Great Gulf (km²)

Бассейн	Балл антропогенной нагрузки					
	1	2	3	4	5	6
Амба	323.2	9.9	28.7	0.6	–	2.0
Артемовка	1 137.4	43.0	39.5	108.2	–	102.8
Барабашевка	618.7	30.9	37.0	5.8	–	8.1
Богатая	148.1	12.9	16.7	5.8	–	86.2
Болотная	160.7	237.1	–	15.3	–	0.7
Брусья	127.6	51.7	2.7	–	–	12.8
Гладкая	461.7	260.1	6.0	1.7	–	12.8
Литовка	420.8	21.5	6.2	20.1	–	10.2
Нарва	453.9	75.7	30.1	1.9	–	4.2
Островные территории	143.3	16.2	4.1	0.5	–	14.6
Партизанская	3 925.9	175.3	56.8	143.0	–	175.5
Первая Речка	197.6	3.3	1.4	2.7	–	95.1
Петровка	803.4	61.4	7.6	10.2	–	71.8
Пойма	233.6	31.4	1.3	1.2	–	0.8
Раздольная	12 680.5	930.2	651.2	2 348.3	35.7	359.2
Рязановка	148.7	31.7	0.6	1.4	–	0.7
Суходол	522.3	35.2	–	36.9	–	25.4
Тесная	260.5	73.8	4.6	5.2	–	1.0
Цукановка	144.3	51.6	–	5.5	–	4.5
Шкотовка	7251	23.3	–	19.2	–	13.2
Водосбор ЗПВ	23 637.1	2 176.2	894.4	2 733.6	35.7	1 001.5

точной частей водосбора. В частности, в бассейне р. Раздольной данный коэффициент равен 0.71. Таким образом, несмотря на то что данный бассейн отличается высокой степенью антропогенного освоения, вклад малоосвоенных территорий в K_o там все же выше.

Низкие значения K_o (менее 0.32) характерны для бассейнов рек Шкотовка, Литовка, а также юго-запада водосбора (реки Болотная, Тесная, Цукановка, Гладкая, Рязановка, Пойма, Брусся, Нарва, Барабашевка, Амба). На юго-западе водосбора значительную часть площади занимают территории ООПТ со строгим режимом охраны (национальный парк и заповедник) и с ограничениями в природопользовании. Бассейнам рек Шкотовка и Литовка присуще очаговое хозяйственное освоение.

Площадь земель со средо- и ресурсстабилизирующими функциями. Наибольшим значением показателя $P_{сф}$ отличается бассейн р. Раздольной. Значения $P_{сф}$ минимальны на юго-западе, где минимальна и площадь бас-

сейнов рек, а также на п-ове Муравьева-Амурского, где преобладают антропогенно-преобразованные земли.

Коэффициент естественной защищенности. Среднее по водосбору значение этого коэффициента $K_{ЕЗ} = 0.89$ является показателем экологически благоприятной ситуации в бассейне. В целом все речные бассейны, входящие в водосбор, благополучны по данному параметру.

Минимальны значения $K_{ЕЗ}$ в бассейнах рек Богатой и Первой Речки – 0.63 и 0.67 соответственно. Это указывает на более низкий уровень экологической защищенности, чем в других бассейнах водосбора. Однако перегруженности территории хозяйственной деятельностью здесь не наблюдается.

Средние значения $K_{ЕЗ}$ в пределах 0.68–0.91 имеют бассейны рек Раздольная, Артёмовка, Суходол и Петровка в центральной и восточной частях водосбора, а также рек Болотная, Цукановка, Гладкая и Брусся в юго-западной

Таблица 2. Показатели эколого-хозяйственного баланса для территории водосбора зал. Петра Великого
Table 2. Ecological and economical balance indicators in Peter the Great Gulf basin

Бассейн реки	K_a	K_o	$P_{сф}$, км ²	$K_{ЕЗ}$	Площадь бассейна, км ²
Амба	0.13	0.10	348.62	0.96	364.37
Артёмовка	0.54	0.78	1 240.13	0.87	1 432.35
Барабашевка	0.08	0.09	668.02	0.95	700.52
Богатая	3.49	2.41	170.96	0.63	269.94
Болотная	0.03	0.10	356.45	0.86	413.73
Брусся	0.60	0.32	170.65	0.88	194.92
Гладкая	0.16	0.08	678.36	0.91	746.73
Литовка	0.14	0.29	450.46	0.94	479.49
Нарва	0.06	0.05	533.84	0.94	566.40
Островные территории	0.61	0.47	159.36	0.89	179.12
Партизанская	0.27	0.37	4 166.54	0.93	4 486.17
Первая Речка	2.89	2.79	202.27	0.67	300.31
Петровка	0.54	0.50	862.46	0.90	955.78
Пойма	0.02	0.03	259.99	0.97	268.38
Раздольная	0.17	0.71	14 754.12	0.87	17 004.92
Рязановка	0.03	0.05	175.07	0.96	183.22
Суходол	0.29	0.51	565.95	0.91	620.60
Тесная	0.02	0.06	324.25	0.94	344.95
Цукановка	0.19	0.20	187.73	0.91	205.90
Шкотовка	0.11	0.20	752.39	0.96	781.82
Водосбор ЗПВ	0.25	0.56	27 027.62	0.89	30 499.62

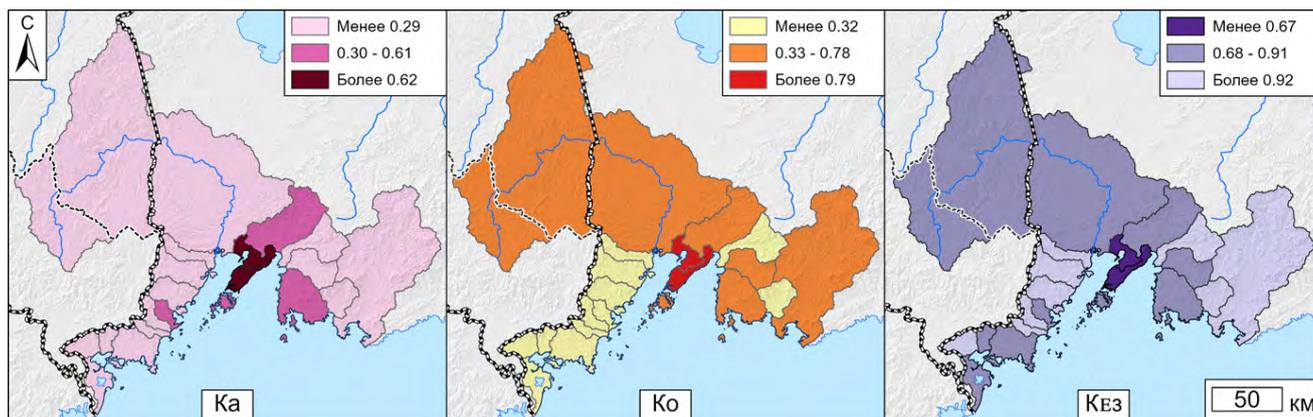


Рис. 2. Значения показателей эколого-хозяйственного баланса на территории водосбора зал. Петра Великого.
 Fig. 2. Values of ecological and economical balance indicators within the Peter the Great Gulf basin.

части. Здесь, несмотря на наличие обширных площадей малонарушенных территорий, имеются относительно крупные очаги преобразованных земель.

Коэффициент более 0.92 отличает бассейны рек Партизанская, Шкотовка и Литовка, а также Барабашевка, Нарва, Тесная и Пойма (для них получен максимальный показатель $K_{ЕЗ} - 0.97$). Здесь отмечается преобладание малонарушенных территорий, при крайне малой площади, а местами полном отсутствии освоенных участков земель.

Заключение

В структуре земель водосбора зал. Петра Великого преобладают леса, в особенности на юго-западе, где расположены особо охраняемые природные территории, а также на востоке, отличающемся горным рельефом. Доминирование данного типа земель ослабевает только на п-ове Муравьева-Амурского, в среднем течении бассейна р. Раздольной и, как правило, на побережьях залива. Таким образом, большая часть земель в водосборе испытывает низкую антропогенную нагрузку.

Расчет показателей эколого-хозяйственного баланса позволил нам выявить характер экологической обстановки по всему водосбору и в отдельных его бассейнах.

Значения коэффициента абсолютной напряженности (K_a) свидетельствуют о доминировании земель с минимальной антропогенной нагрузкой во всех бассейнах водосбора, кроме двух – бассейнов рек Богатая и Первая Речка. Значения K_a для них, соответственно 3.49

и 2.89, указывают на существенное преобладание здесь земель с максимальной антропогенной нагрузкой. Самые низкие значения коэффициента характерны для юго-западной части водосбора (бассейнов рек Барабашевка, Нарва, Пойма, Рязановка, Тесная, Болотная), большая часть площади которой покрыта ООПТ.

Значения коэффициента относительной напряженности (K_o) максимальны также в бассейнах рек Богатой и Первой Речки (2.41 и 2.79 соответственно, при эталонном значении 1.0). Следовательно, эти территории находятся под значительным давлением антропогенной деятельности. Близкие к идеальному значения получены для бассейнов рек Раздольная и Артемовка, где хозяйственное освоение территории в целом не вредит потенциалу устойчивости природы. Наиболее низкие значения (ниже 0.1) характерны для юго-запада водосбора, где преобладают малоосвоенные и нетронутые территории.

Наибольшей площадью земель со средо- и ресурсостабилизирующими функциями (показатель $P_{сф}$) отличается самый крупный в водосборе бассейн – р. Раздольной, а наименьшей – бассейны сравнительно небольших рек юго-запада (таких, как Амба, Барабашевка, Рязановка и др.).

Согласно значениям коэффициента естественной защищенности ($K_{ЕЗ}$), наименьшую антропогенную нагрузку испытывают бассейны юго-запада водосбора, в особенности рек Амба, Пойма и Рязановка. Также высока экологическая защищенность на востоке водосбора и в бассейне р. Шкотовка, возможно в силу

преимущественно низко- и среднегорного рельефа. Наиболее уязвимы с экологической точки зрения бассейны рек Богатая и Первая Речка, из-за высокой хозяйственной освоенности.

Таким образом, было установлено, что в целом по водосбору соблюдается баланс между природным и хозяйственным потенциалами территории, но в отдельных его частях (бассейны рек Богатая и Первая Речка) уровень антропогенной нагрузки весьма высокий. Минимальный уровень антропогенного воздействия отличает бассейны рек на юго-западе водосбора (Болотная, Тесная, Цукановка, Гладкая, Рязановка, Пойма, Брусья, Нарва, Барабашевка, Амба).

Анализ эколого-хозяйственного баланса водосбора зал. Петра Великого является первым этапом работ по оценке современного геоэкологического состояния территории. В дальнейшем на основе картографо-статистического и математического анализа будет осуществлена оценка сложности природно-хозяйственных систем, в том числе в границах муниципальных образований. Данная работа является базовой для разработки и внедрения систем устойчивого природопользования в регионе, включая трансграничный аспект.

Список литературы

1. Корытный Л.М. **2017**. Бассейновая концепция: от гидрологии к природопользованию. *География и природные ресурсы*, 2: 5–16. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2017-2\(5-16\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2017-2(5-16))
2. Рогов В.Ю., Багайников М.Л. **2020**. Бассейновый подход к формированию институтов экономического развития регионов (применительно к Байкальскому региону). *Вестник ЗабГУ*, 26(5): 106–117. <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2020-26-5-106-117>
3. Хортон Р.Е. **1948**. *Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов*. Л.: Иностран. лит., 156 с.
4. Сочава В.Б. **1978**. *Введение в учение о геосистемах*. Новосибирск: Наука, 320 с.
5. Львович М.И. **1963**. *Человек и воды. Преобразование водного баланса и речного стока*. М.: Гос. изд-во геогр. лит., 568 с.
6. Коронкевич Н.И. **2003**. Гидрологический трансграничный перенос в странах СНГ. В кн.: *Трансграничные проблемы СНГ*. М.: Опус, с. 22–32.
7. Субботин А.И., Дыгало В.С. **1991**. *Экспериментальные гидрологические исследования в бассейне реки Москвы*. М.: Гидрометеоиздат, 262 с.
8. Ганзей С.С. **2004**. *Трансграничные геосистемы юга Дальнего Востока России и северо-востока КНР*. Владивосток: Дальнаука, 231 с.
9. Бакланов П.Я. **2018**. Структурные особенности и потенциал развития приграничных и трансграничных районов: теоретические аспекты. *Региональные исследования*, 3(61): 19–24. EDN: YRSDJR
10. Кочуров Б.И. **1999**. *Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории*. Смоленск: СГУ, 154 с.
11. Mani-Perez C., Xavier L.Y., Santos C.R., Turra A. **2016**. Stakeholders' perceptions of local environmental changes as a tool for impact assessment in coastal zones. *Ocean & Coastal Management*, 119: 135–145. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.10.005>
12. Минников И.В., Куролап С.А. **2013**. Оценка эколого-хозяйственного баланса территории Воронежской области. *Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология*, 1: 129–136. EDN: QYPDGF
13. Бодрова В.Н. **2013**. Расчет и оценка эколого-хозяйственного баланса Волгоградской области в геoinформационной системе. *Проблемы региональной экологии*, 2: 43–50. EDN: QBZEPX
14. Меркулов П.И., Меркулова С.В., Варфоломеев А.Ф. **2008**. Геоэкологические аспекты исследования структуры землепользования на территории республики Мордовия. *Инженерные технологии и системы*, 18(1): 123–130. EDN: SZCTRN
15. Уленгов Р.А., Уразметов И.А. **2013**. Некоторые подходы к геоэкологической оценке региональных геосистем республики Татарстан. *Современные проблемы науки и образования*, 1(443): 140–147. EDN: PWBHDV
16. Панченко Е.М., Дюкарев А.Г. **2015**. Оценка эколого-хозяйственного баланса Обь-Томского междуречья с учетом антропогенной нагрузки. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*, 326(12): 87–95. EDN: VUSPCD
17. Чупикова С.А., Ойдул Т.М., Монгуш Б.С. **2020**. ГИС-анализ эколого-хозяйственного баланса кожуунов Республики Тыва. *Природные ресурсы, среда и общество*, 3(7): 59–67. <https://doi.org/10.24411/2658-4441-2020-10028>
18. Карпова Л.А. **2016**. Картографическая оценка показателей эколого-хозяйственного баланса с использованием геоинформационных технологий. *Вестник СГУГиТ*, 4(36): 122–135. EDN: XQYXOJ
19. Егидарев Е.Г., Базаров К.Ю., Мишина Н.В. **2019**. Современное использование земель в бассейне озера Ханка. В кн.: *Геосистемы Северо-Восточной Азии: особенности их пространственно-временных структур, районирование территории и акватории*: сб. науч. статей. Владивосток: Тихоокеан. ин-т географии, с. 197–203. URL: http://www.spsl.nsc.ru/FullText/konfe/geosystems_2019.pdf (дата обращения: 16.06.2023).
20. Николаев В.А. **2006**. *Ландшафтоведение: Семинарские и практические занятия*. М.: Геогр. факультет МГУ, 208 с.
21. Музыченко Т.К. **2022**. Пространственный анализ землепользования в водосборе залива Петра Великого. *Успехи современного естествознания*, 10: 58–63. <https://doi.org/10.17513/use.37908>

References

- Korytny L.M. 2017. The basin concept: from hydrology to nature management. *Geography and Natural Resources*, 38(2): 111–121. <https://doi.org/10.1134/S1875372817020019>
- Rogov V.Yu., Bagaynikov M.L. 2020. Pool approach to the formation of institutions of economic development of the region (applicable to the Baikal region). *Bulletin of ZabGU = Transbaikalian State University Journal*, 26(5): 106–117. (In Russ.).
- Horton R.E. 1948. [*Erosion development of rivers and catchment areas*]. Leningrad: Inostr. Lit., 156 p. (In Russ.).
- Sochava V.B. 1978. [*Introduction to geosystem studies*]. Novosibirsk: Nauka, 320 p. (In Russ.).
- Lvovich M.I. 1963. [*Man and waters. Conversion of water balance and river runoff*]. Moscow: Gos. Izd-vo geogr. lit., 568 p. (In Russ.).
- Koronkevich N.I. 2003. [Transboundary hydrological transfer in CIS countries]. In: *Transgranichnye problemy SNG*. Moscow: Opus, p. 22–31. (In Russ.).
- Subbotin A.I., Dygalo V.S. 1991. [*Experimental hydrological studies in the Moscow River basin*]. Moscow: Gidrometeoizdat, 262 p. (In Russ.).
- Ganzev S.S. 2004. [*Transboundary Geosystems of the South of the Russian Far East and the Northeast of China*]. Vladivostok: Dalnauka, 231 p. (In Russ.).
- Baklanov P.Ya. 2018. Structural features and potential of border and transboundary areas development: theoretical aspects. *Regionalnye issledovaniya*, 3(61): 19–24. (In Russ.). EDN: YRSDJR
- Kochurov B.I. 1999. [*Geoecology: ecodiagnosics, ecological and economical balance of the territory*]. Smolensk: SGU, 154 p. (In Russ.).
- Mani-Perez C., Xavier L.Y., Santos C.R., Turra A. 2016. Stakeholders' perceptions of local environmental changes as a tool for impact assessment in coastal zones. *Ocean & Coastal Management*, 119: 135–145. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.10.005>
- Minnikov I.V., Kurolap S.A. 2013. Assessment of ecological and economic balance in the Voronezh Oblast. *Vestnik VGU = Proceedings of Voronezh State University. Seriya: Geografiya. Geoecogiya*, 1: 129–136. (In Russ.). EDN: QYPDGF
- Bodrova V.N. 2013. Calculation and evaluation of ecological and economic balance of the Volgograd Region in geographical information system. *Problemy regionalnoy ekologii = Regional Environmental Issues*, 2: 43–50. (In Russ.). EDN: QBZEPX
- Merkulov P.I., Merkulova S.V., Varfolomeev A.F. 2008. [Geoecological aspects of the land use structure research in Mordovia Republic]. *Inzhenernye tekhnologii i sistemy = Engineering Technologies and Systems*, 18(1): 123–130. (In Russ.). EDN: SZCTRN
- Ulengov R.A., Urazmetov I.A. 2013. [Approaches to geoecological evaluation of Tatarstan Republic geosystems]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education*, 1(443): 140–147. (In Russ.). EDN: PWBDHV
- Panchenko E.M., Dyukarev A.G. 2015. Assessment of ecological and economical balance of the territory of Ob-Tom interfluvium considering anthropogenic load. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 326(12): 87–95. (In Russ.). EDN: VUSPCD
- Chupikova S.A., Oydup T.M., Mongush B.S. 2020. GIS analysis of ecological and economic balance for kozhuuns of the Republic of Tyva. *Prirodnye resursy, sreda i obshchestvo = Natural resources, environment and society*, 3(7): 59–67. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2658-4441-2020-10028>
- Karpova L.A. 2016. Mapping evaluation indicators environmental and economic balance using GIS technology. *Vestnik SGUGIT = Vestnik of SSUGT*, 4(36): 122–135. (In Russ.). EDN: XQYXOJ
- Egidarev E.G., Bazarov K.Yu., Mishina N.V. 2019. Current land use in the Khanka Lake basin. In: *Geosystems of Northeast Asia: the peculiarities of their spatial-temporal structures, zoning of land and waters: coll. scientific articles*. Vladivostok: Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of RAS, p. 197–203. (In Russ.). URL: http://www.spsl.nsc.ru/FullText/konfe/geosystems_2019.pdf (accessed 16.06.2023).
- Nikolaev V.A. 2006. [*Landscape science: Seminars and practical classes*]. Moscow: Geograficheskiy fakultet MGU, 208 p. (In Russ.).
- Muzychenko T.K. 2022. Spatial analysis of land use of the Peter the Great Gulf basin. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in current natural sciences*, 10: 58–63. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/use.37908>

Об авторе

Музыченко Татьяна Константиновна (<https://orcid.org/0000-0001-8858-5979>), аспирант, младший научный сотрудник, Информационно-картографический центр, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, mtk1998@yandex.ru

Поступила 28.04.2023

Принята к публикации 15.06.2023

About the Author

Muzychenko, Tatiana K. (<https://orcid.org/0000-0001-8858-5979>), Postgraduate, Junior Researcher, Information-Cartography Center, Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok, mtk1998@yandex.ru

Received 28 April 2023

Accepted 15 June 2023