

Природопользование и трансформация ландшафтов островов архипелага Императрицы Евгении (залив Петра Великого, Японское море) в 1975—2015 гг.¹

Кирилл Сергеевич Ганзей,

кандидат географических наук, директор Информационно-картографического центра Тихоокеанского института географии ДВО РАН, Владивосток.
E-mail: geo2005.84@mail.ru

Руслан Валентинович Борисов,

старший инженер Тихоокеанского института географии ДВО РАН, магистрант Школы экономики и менеджмента ДВФУ, Владивосток.
E-mail: rborisov2016@gmail.com

В статье анализируется динамика использования земель островов Русский, Попова, Рейнеке и Рикорда с 1975 по 2015 гг. На основе количественного анализа раскрыты особенности изменения структуры землепользования за 40 лет. Обнаружено, что в рассматриваемый период на островах преобладали земли, не вовлечённые в хозяйственное использование. Наиболее активное освоение Русского, Попова, Рейнеке и Рикорда пришлось на 1991 г., после отмечается сокращение территорий, занятых объектами государственных учреждений и служб и сельскохозяйственных земель. К 2007 г. улучшение социально-экономических условий способствует развитию рекреационной деятельности с сохранением данной тенденции в 2015 г. Рассмотрены особенности изменения структуры землепользования на о. Русский после реализации крупных инфраструктурных проектов к саммиту АТЭС 2012 г.

Изучается влияние антропогенной деятельности на ландшафтную структуру. Показано: из-за увеличения антропогенного пресса происходит уменьшение значений ландшафтного разнообразия, что связано с нарушением вещество-энергетических потоков в ландшафтных катенах.

Представлена оценка эколого-хозяйственного баланса территории, анализ которого свидетельствует, что степень естественной защищённости островов, несмотря на негативное влияние антропогенной деятельности на их

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 15-05-01419). Ландшафтная съёмка и заверка дешифрировочных признаков ландшафтов на островах Русский и Рикорда в 2015—2016 гг. проведены при поддержке гранта РГО (проект № 01/2015-Р).

геосистемы, остаётся очень высокой. Наиболее напряжённое эколого-хозяйственное состояние зафиксировано в 1991 г.

Корреляция показателей ландшафтного строения и эколого-хозяйственного баланса отразила их высокую степень взаимосвязи. На основе корреляционной матрицы изучена динамика значений ландшафтного разнообразия на островах в 1975—2015 гг. в зависимости от интенсивности хозяйственного использования территории.

Ключевые слова: остров Русский, остров Попова, остров Рейнеке, остров Рикорда, динамика землепользования, антропогенная трансформация геосистем, ландшафтное разнообразие, эколого-хозяйственный баланс, устойчивое развитие островных территорий.

Natural resource management and landscape transformation of the islands of the Eugénie Archipelago (Peter the Great Bay, the Sea of Japan) in 1975—2015.

Kirill Ganzei, Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia.

E-mail: geo2005.84@mail.ru.

Ruslan Borisov, Pacific Geographical Institute FEB RAS, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia. E-mail: rborisov2016@gmail.com.

The paper analyzes the dynamics of land use of the Russky, Popov, Reyneke, and Rikord islands from 1975 until 2015. The changes of the land use structure over the past 40 years are revealed due to the quantitative analysis. It is discovered that during this period the lands which were not involved in economic use prevailed. The most active economic development of the Russky, Popov, Reyneke, and Rikord islands happened in 1991; afterwards, there was reduction of territories occupied by the objects of public institutions and services, and agricultural lands. By 2007, the improvement of the socio-economic conditions contributed to the development of recreational activity; this tendency maintained until 2015. The peculiarities of the changes of the land use structure on the Russky Island are examined after the implementation of major infrastructure projects for the APEC summit in 2012.

The influence of anthropogenic activity on the landscape structure is studied. It is shown that due to the increase of anthropogenic pressure the values of landscape diversity decrease; this fact is related to the violation of the real-energy flows in the landscape catenae.

The assessment of ecological and economic balance of the territory is presented and shows that the degree of natural protection of the islands remains very high despite the negative impact of anthropogenic activity on geosystems. The most intense ecological and economic status was in 1991.

The indicators of the landscape structure and ecological and economic balance reflected a high degree of the correlation. On the basis of the correlation matrix the dynamics of landscape diversity values on the islands in 1975—2015 was analyzed depending on the intensity of the economic use of the territory.

Keywords: Russky Island, Popov Island, Reyneke Island, Rikord Island, land use dynamics, anthropogenic transformation of geosystems, landscape diversity, ecological and economic balance, sustainable development of insular territories.

Южная часть Приморского края является наиболее освоенной территорией региона. Крупнейшие промышленные центры расположены вдоль побережья зал. Петра Великого, активное освоение которого началось с середины XIX в., при этом развитие охватывало не только континент, но и острова. В XX в. природопользование на последних преимущественно было направлено на укрепление обороноспособности Владивостока и юга Приморья. В настоящее время социально-экономическому развитию островных территорий края уделяется большое внимание как на региональном, так и на федеральном уровнях. Однако в пределах арх. Императрицы Евгении наблюдается существенная дифференциация интенсивности хозяйственного использования. Реализация на о. Русский в начале XXI в. крупных инфраструктурных проектов, направленных на формирование научно-образовательного и рекреационного кластеров, привела к существенной трансформации геосистем. Для островов Попова и Рейнеке антропогенное влияние в настоящее время имеет локальный характер, а на о. Рикорда, где нет населённых пунктов, оно незначительно и в основном является результатом нерегламентированной рекреационной деятельности.

В связи с существующими планами дальнейшего освоения островов арх. Императрицы Евгении, особое значение приобретает разработка программы устойчивого развития, направленной не только на защиту природного каркаса островов, но и на повышение экономической эффективности, а также сохранение благоприятных условий проживания населения. Данная работа не может быть выполнена без анализа изменения структуры использования земель в разные временные срезы и характера трансформации геосистем, которые являются фундаментом будущего развития территории.

Цель настоящего исследования — изучение динамики природопользования с 1975 по 2015 г. и современного состояния геосистем островов Русский, Попова, Рейнеке и Рикорда. В ходе работы проанализированы физико-географические и социально-экономические характеристики островов; в 2012—2016 гг. — проведён комплекс полевых исследований; выполнено крупномасштабное картографирование ландшафтов и динамики использования земель с картографо-статистическим анализом картографических моделей; рассчитаны показатели сложности ландшафтного строения и эколого-хозяйственного баланса (ЭХБ) территории; выявлены закономерности изменения данных показателей в зависимости от интенсивности антропогенного влияния.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Арх. Императрицы Евгении протянулся в юго-западном направлении от п-ова Муравьёва-Амурского более чем на 35 км. В его состав входят 4 крупных острова — Русский, Попова, Рейнеке, Рикорда — и серия малых островов, а также отдельно стоящие скалы.

По геологическому строению все острова залива входят в Муравьёво-Дунайскую структурно-формационную зону с развитием ниже- и верхнепермского вулканического складчатого комплекса. Современные очертания островов сформировались около 7—4 тыс. лет назад [2], их рельеф



Рис. 1. Архипелаг Императрицы Евгении

преимущественно низкогорный, с развитием небольших террасовидных и низменных участков в прибрежных частях и на перешейках. Речная сеть развита слабо: только на о. Русский есть р. Русская длиной около 5 км. Остальные водотоки представлены ручьями, редко имеющими протяжённость более 1 км и пересыхающими в засушливые периоды. У озёр происхождение преимущественно лагунное, а также искусственное (для хозяйственных и военных нужд). Климат на островах муссонный, среднее количество осадков — 830 мм/год, из них 85% приходится на летний период. Среднегодовая температура воздуха составляет $+6^{\circ}\text{C}$. Самый холодный месяц — январь (средние значения температуры $-16... -17^{\circ}\text{C}$), самый тёплый — август ($+20... +21^{\circ}\text{C}$) [13]. На островах произрастает 1172 вида сосудистых растений, 53 из которых являются охраняемыми. Основной фон в структуре почвенного покрова островов составляют бурозёмы. Отмечаются местные особенности «островного» почвообразования, обусловленные природными факторами: высотой, крутизной, экспозицией склонов и разнообразием растительности [18].

На островах залива представлены дальневосточные бореальные и суббореальные средне- и южнотаёжные притихоокеанские ландшафты с характерной муссонной циркуляцией воздушных масс [10]. Доминируют геосистемы пологих и средней крутизны склонов на гранитах и гранитоидах, базальтах, с преобладанием высокосомкнутых полидоминантных широколиственных лесов на тёмных и типичных бурозёмах. Отличительной особенностью о. Рейнеке является широкое распространение разнотравно-злаковых лугов [18].

П.Ф. Бровко и А.В. Малюгин [3] выделяют три этапа освоения островов зал. Петра Великого:

дореволюционный (1860—1917 гг.): начало переселения крестьян, организация морских и лесных промыслов, строительство военных объектов и морских портов, активное сведение коренных чернопихтово-широколиственных лесов [14], в связи с которым началось регламентирование лесопользования [7; 12];

советский (1920—1991): коллективизация хозяйства, развитие морского промысла, строительство военных объектов, полное уничтожение хвойных лесов [12];

российский (с 1991 г.): нестабильность хозяйственной деятельности, сокращение военных баз, освоение рекреационных ресурсов, строительство объектов к саммиту АТЭС-2012.

Административно острова архипелага входят в состав Владивостокского городского округа. По данным 2010 г., на островах проживало около 6000 чел. На о. Рикорда населённые пункты отсутствуют. К сожалению, информации о современной численности жителей островов нет. Вероятно, после возведения моста, соединяющего о. Русский с континентальной частью г. Владивостока, и введения в эксплуатацию кампуса ДВФУ население этого острова увеличилось.

В ходе работы применялись методы комплексных физико-географических исследований, ключевое значение отводилось полевому и картографическому. С 2012 г. на всех островах выполнены исследования геосистем и выявлены типы природопользования. По результатам осуществлено картографирование современных ландшафтов и динамики природопользования с 1975 по 2015 г. в масштабе 1:25000. Картографирование динамики использования земель на разные временные срезы сделано на основе дешифрирования архивных данных дистанционного зондирования (космических снимков и материалов аэрофотосъёмки), анализа фондовых и опубликованных материалов. Картографирование выполнено в программном пакете ArcGis 10.1. Полученные материалы явились основой для пространственного анализа природно-хозяйственной организации территории и количественного анализа, включавшего в себя вычисление коэффициентов сложности ландшафтов, ландшафтного разнообразия и показателей ЭХБ территории (табл. 1). Для оценки взаимосвязи различных показателей использовался индекс корреляции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе картографо-статистического анализа структуры землепользования за 1975—2015 гг. установлено, что наибольшую площадь занимали не вовлечённые в хозяйственную деятельность земли, их структура уникальна для каждого из рассматриваемых островов.

Наибольшие площади земель, не вовлечённых в хозяйственную деятельность, на островах Русский, Попова и Рикорда (табл. 2, 3) с 1975 г. покрывали леса. На о. Русский среднее значение лесов составляет 74,5% таких земель (табл. 3), на о. Попова — 61,1%. Редколесья на о. Русский локализованы на наветренных склонах и распространены по периметрам населённых пунктов, что связано с незаконными рубками, возможно, проводившимися местными жителями для личных нужд. Аналогична картина с локализацией кустарников и лугов: на о. Попова они расположены преимущественно на юге и юго-востоке (данная территория периодически использовалась в сельскохозяйственных целях).

Таблица 1

Количественный анализ ландшафтной организации и ЭХБ

№	Показатель	Обозначение/формула
Группа простейших характеристик ландшафтов		
1.	Площадь острова	S
2.	Площадь одного вида ландшафтов на острове	S_i
3.	Количество видов ландшафтов на острове	M
4.	Количество контуров	n
Группа характеристик сложности ландшафтов		
5.	Коэффициент сложности	$K_{\text{слож.}} = n/S_0$
6.	Энтропийная мера сложности ландшафтного рисунка	$H = - \sum_{i=1}^m \left(\frac{S_i}{S}\right) * \log_2 \left(\frac{S_i}{S}\right)$
7.	Индекс Маргалефа (ландшафтное разнообразие)	$D_{mg} = (n-1)/\ln S$
Оценка ЭХБ территории		
8.	Коэффициент абсолютной напряжённости	$K_a = AH_6/AH_1$, где AH – антропогенная нагрузка
9.	Коэффициент относительной напряжённости	$K_o = (AH_4 + AH_5 + AH_6)/(AH_1 + AH_2 + AH_3)$
10.	Интегральный показатель естественной защищённости территории	$P_{cf} = P(AH_1) + 0,8P(AH_2) + 0,6P(AH_3) + 0,4P(AH_4)$, где P – степень антропогенной нагрузки
11.	Коэффициент естественной защищённости территории	$K_{ez} = P_{cf}/P_0$, где P_0 – площадь территории

Составлено по: [4; 11; 15; 16].

За весь рассматриваемый период на о. Рейнеке от земель, не вовлечённых в хозяйственное использование, в среднем на луга и кустарники приходится 28,9% и 30,1% соответственно, что является следствием активных рубок и пожаров. Леса, сконцентрированные преимущественно на юго-западе острова, занимают в среднем 121,9 га. К 2015 г. данный показатель возрос до 144,04 га, что служит примером прогрессивной сукцессии.

По сравнению с другими островами архипелага, о. Рикорда испытал на себе минимальное хозяйственное освоение. Среднее значение лесных площадей с 1975 г. составляет 62,9% земель, не вовлечённых в хозяйственную деятельность. К 1991 г. отмечается снижение доли лесов до 56,5%, что связано с размещением военных объектов в центре острова. К 2015 г. фиксируется увеличение лесных площадей (67,2%) [2].

За 1975–1991 гг. на островах Попова, Рейнеке и Рикорда отмечается усиление позиций военных (табл. 2). К сожалению, для о. Русский не удалось проанализировать использование земель на 1991 г. из-за отсутствия материалов аэрофотосъёмки. Однако выборочное дешифрирование имеющихся снимков показало аналогичное увеличение площади земель государственных учреждений и служб, военного назначения. К 1991 г. площадь земель, занятых государственными учреждениями и службами на других островах архипелага (без о. Русский), возросла на 5,9 га и достигла максимального

Таблица 2

Динамика землепользования островов Попова, Рейнеке и Рикорда

Категория земель	Степень антропогенной нагрузки	1975 г.		1991 г.		2007 г.		2015 г.	
		га	%	га	%	га	%	га	%
Не вовлечённые в хозяйственное использование		2135,15	91,78	2139,67	91,96	2216,18	95,25	2212,79	95,11
<i>Леса</i>		1046,41	44,97	1099,64	47,26	1203,19	51,71	1246,17	53,56
<i>Редколесья</i>		209,26	8,99	126,17	5,42	178,75	7,68	219,87	9,45
<i>Кустарники</i>	АН ₁	477,03	20,50	365,48	15,71	443,94	19,08	392,00	16,85
<i>Луга</i>		339,74	14,60	491,25	21,11	334,26	14,36	313,43	13,47
<i>Пустоши</i>		62,72	2,70	57,13	2,46	56,05	2,41	41,32	1,78
Озёра		1,50	0,06	2,16	0,09	2,08	0,09	2,08	0,09
Кладбища	АН ₂	0,89	0,04	0,89	0,04	0,89	0,04	0,89	0,04
Сельскохозяйственная	АН ₃	89,60	3,85	72,03	3,10	11,34	0,49	12,12	0,52
Рекреационная	АН ₄	0,00	0,00	0,00	0,00	5,89	0,25	9,03	0,39
Неиспользуемые (брошенные) объекты	АН ₅	0,00	0,00	0,44	0,02	6,22	0,27	5,73	0,25
Производственная, инженерная и транспортная инфраструктура		26,59	1,14	21,50	0,92	11,52	0,50	11,94	0,51
Государственные учреждения и службы, военное назначение	АН ₆	14,05	0,60	19,96	0,86	2,47	0,11	2,46	0,11
Научное и научно-образовательное назначение		0,70	0,03	6,41	0,28	6,86	0,29	6,86	0,29
Населённые пункты		58,25	2,50	63,63	2,73	63,15	2,71	62,69	2,69
Всего	—	2326,75	100,00	2326,69	100,00	2326,60	100,00	2326,60	100,00

Таблица 3

Динамика землепользования о. Русский

Категория земель	Степень антропогенной нагрузки	1975 г.		2007 г.		2015 г.	
		га	%	га	%	га	%
Не вовлечённые в хозяйственное использование		9 011,25	89,87	9313,03	93,50	8817,76	88,40
<i>Леса</i>		6981,14	69,63	7879,38	79,11	7470,69	74,90
<i>Редколесья</i>		664,70	6,63	474,28	4,76	439,15	4,40
<i>Кустарники</i>	АН ₁	578,88	5,77	318,11	3,19	288,90	2,90
<i>Луга</i>		722,99	7,21	608,55	6,11	582,60	5,84
<i>Болота</i>		29,83	0,30	30,07	0,30	33,78	0,34
<i>Пустоши</i>		33,70	0,34	2,64	0,03	2,64	0,03
Озёра		81,63	0,82	13,81	0,14	13,88	0,14
Кладбища	АН ₂	0,57	0,01	3,62	0,04	3,62	0,04
Сельскохозяйственная	АН ₃	274,10	2,73	0,82	0,01	0,82	0,01
Рекреационная	АН ₄	6,50	0,06	40,86	0,41	101,25	1,02
Неиспользуемые (брошенные) объекты	АН ₅	0,00	0,00	126,37	1,27	115,00	1,15
Жилая		163,70	1,63	364,90	3,66	304,71	3,05
Производственная, инженерная и транспортная инфраструктура		26,99	0,27	17,97	0,18	368,47	3,69
Государственные учреждения и службы, военное назначение	АН ₆	461,85	4,61	41,56	0,42	66,28	0,66
Объекты культурного наследия		0,00	0,00	36,13	0,36	35,59	0,36
Научное и научно-образовательное назначение		0,00	0,00	1,17	0,01	147,26	1,48
Всего	—	10 026,59	100,00	9960,32	100,00	9974,64	100,00

значения (0,9% всей территории островов) (табл. 3). Размещение сил ТОФ способствовало притоку новых жителей, что явилось причиной увеличения территорий населённых пунктов на 5,4 га. Положительная динамика также характерна для научной и научно-образовательной зон (0,3% всей территории островов). Зона производственной, инженерной и транспортной инфраструктур уменьшилась на 5,1 га из-за сокращения завода по переработке морского ежа на о. Рейнеке.

Более существенные изменения структура использования земель претерпела за 1991—2007 гг. На островах Попова, Рейнеке и Рикорда резко уменьшились площади, занятые объектами государственных учреждений и служб (на 17,5 га). Сокращение воинских частей привело к увеличению территории брошенных объектов на 5,8 га. Отмечается значительный спад сельскохозяйственного использования территории — в 6,4 раза. Почти в 2 раза уменьшилась площадь земель производственной, инженерной и транспортной инфраструктур. За счёт открытия баз отдыха появились земли рекреационного назначения.

Несмотря на отсутствие сведений для о. Русский по 1991 г., можно с уверенностью говорить об аналогичных тенденциях изменения структуры землепользования. При сравнении данных 1975 и 2007 гг. прослеживается значительное сокращение земель государственных учреждений и служб, военного назначения, сельскохозяйственных и увеличение площади рекреационных и неиспользуемых объектов.

По сравнению с 2007 г., современное землепользование о. Русский претерпело существенные изменения, что связано с выполнением масштабных строительных работ, преимущественно локализованных на п-ове Сапёрный, где расположены кампус ДВФУ и океанариум ДВО РАН (табл. 3). Если говорить об острове в целом, то можно отметить сокращение зоны, не вовлечённой в хозяйственный оборот, на 5,09%. В данной категории произошло уменьшение площади лесов, редколесий и кустарников. Прослеживается снижение площади земель под населёнными пунктами и неиспользуемыми объектами, что также связано с возведением кампуса и океанариума. В б. Аякс располагался одноимённый посёлок, который с началом строительных работ в 2008 г. закрыли. В пос. Поспелова был возведён новый грузовой терминал для доставки строительных материалов, что повлекло переход земель населённого пункта в категорию производственных. В целом зона производственной, инженерной и транспортной инфраструктур по сравнению с 2007 г. увеличилась в 21,5 раза из-за строительства объектов, направленных на обслуживание кампуса: электроподстанции, ТЭЦ, мусороперерабатывающего завода, станции по опреснению морской воды и др.

Центром созданной территориально-хозяйственной структуры о. Русский выступает кампус ДВФУ, занимающий 82 га. Увеличение площади земель научного и научно-образовательного назначения произошло также в результате строительства океанариума ДВО РАН (63 га). Доля рекреационных земель возросла более чем в 2 раза, что связано с организацией крупного садово-паркового комплекса вдоль побережья б. Аякс [5].

Необходимо отметить увеличение площади острова на 0,13 кв. км в результате отсыпки побережья в районе строительства грузового терминала

в пос. Пospelова и возведения насыпи под опору мостового перехода через прол. Босфор Восточный на м. Новосильского.

Менее существенные изменения за 2007—2015 гг. характерны для островов Попова, Рейнеке и Рикорда (табл. 2). Фиксируется вовлечение новых территорий в рекреацию и сельское хозяйство. Жилые земли уменьшились на 0,46 га. Остальные категории остались почти в неизменном состоянии.

Анализ пространственной дифференциации и состояния отдельных компонентов ландшафтов отражает негативное влияние антропогенной деятельности на геосистемы островов. Для заселённых островов Русский, Попова и Рейнеке характерна высокая эродированность почвенного покрова. В большинстве типов ландшафтов на дорогах и обочинах отмечается активная плоскостная эрозия. В сезон ливневых осадков наблюдается активный плоскостной смыв подстилки и частичное обнажение корневой системы деревьев даже на залесённых склонах. Использование лугов под сенокосы и выпас скота населением о. Рейнеке отрицательно сказываются на состоянии почвенного покрова. Ежегодное отчуждение элементов питания вызывает истощение почв, ухудшение структуры поверхностных горизонтов и повышает эрозионную опасность лугов. Постепенное самовосстановление естественных ландшафтов о. Рикорда обеспечивают удалённость от материкового побережья и отсутствие постоянных жителей [18].

Более 50% растительных сообществ относятся к антропогенно-трансформированным. На переувлажнённых участках антропогенно-изменённых территорий встречаются дубняки паркового типа и ольхово-черёмухово-ивовые леса. Значительные отличия в структуре растительного покрова характерны для о. Рейнеке. Там кустарниково-полукустарниково-разнотравные сообщества и влажные разнотравные луга составляют основу антропогенно-изменённых территорий. В окрестностях населённых пунктов и на значительном удалении от них встречаются лишайники, относящиеся к группе видов антропогенно-нарушенных местообитаний, с многочисленными следами пожаров и повреждениями слоевища [18].

Для оценки влияния хозяйственной деятельности на природные комплексы островов выполнен математический анализ ландшафтных карт, позволяющий интерпретировать механизмы устойчивости геосистем [8]. Наиболее репрезентативным показателем является ландшафтное разнообразие (табл. 1), которое отражает фундаментальные свойства земной поверхности и показывает трудно наблюдаемые характеристики ландшафтов [17]. В свою очередь, расчёт энтропийной меры сложности ландшафтного рисунка, иллюстрирующей степень неопределённости ландшафтной принадлежности элементарной площадки, показывает схожие грани ландшафтного разнообразия [6] и использован для подтверждения полученных результатов.

Для рассматриваемых островов характерна высокая корреляция между площадью и ландшафтным разнообразием ($r=0,98$), а также энтропийной мерой сложности ($r=0,73$), что является отражением эмпирической закономерности в рамках теории островного ландшафтоведения [9]. В результате усиления антропогенного давления данная взаимосвязь ослабевает.

Примером могут служить острова Рейнеке и Рикорда (табл. 4). Антропогенное воздействие на геосистемы о. Рейнеке привело к нарушению естественных вещественно-энергетических потоков в ландшафтных катенах, что вызвало снижение показателей ландшафтного разнообразия и энтропийной меры сложности. Слабое хозяйственное освоение о. Рикорда способствовало сохранению естественных процессов функционирования геосистем. Ранее проведённые исследования для островов зал. Петра Великого отразили аналогичные закономерности для островов Русский и Попова [18].

Таблица 4

Количественные показатели ландшафтной структуры островов архипелага Императрицы Евгении

Остров	Площадь острова, га	Количество видов ландшафтов (т)	Количество ландшафтных контуров	Коэффициент сложности	Энтропийная мера сложности ландшафтного рисунка	Индекс Маргалефа (ландшафтное разнообразие)
Русский	9971,76	238,00	1678	282,37	5,12	25,74
Попова	1297,51	76,00	228	40,06	4,78	10,46
Рейнеке	534,58	23,00	57	6,08	3,06	3,50
Рикорда	485,35	30,00	85	14,89	3,17	4,69
СРЕДНЕЕ	3072,30	91,75	512	85,85	4,03	11,10

Для оценки антропогенной преобразованности природной среды и интенсивности хозяйственного использования территории островов был выполнен анализ ЭХБ (табл. 1) по методике Б.И. Кочурова [11]. По степени антропогенной нагрузки (АН) определено 6 категорий земель.

Каждая из категорий получила балльную оценку с последующим присвоением индекса:

АН₁ (очень низкая степень АН): отсутствие хозяйственного воздействия;

АН₂ (низкая степень АН): слабое преобразование почвенно-растительного покрова;

АН₃ (средняя степень АН): среднее преобразование растительного покрова и слабое — почвенного;

АН₄ (высокая степень АН): среднее преобразование рельефа и почвенно-растительного покрова;

АН₅ (очень высокая степень АН): сильное преобразование рельефа и почвенно-растительного покрова;

АН₆ (высшая степень АН): полное преобразование геологического и геоморфологического строения и почвенно-растительного покрова (табл. 2, 3).

Количественным выражением антропогенной преобразованности природной среды и состояния структуры землепользования являются коэффициенты абсолютной (Ka) и относительной напряжённости (Ko) (табл. 1).

Снижение напряжённости эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) уменьшает значение коэффициентов. В наибольшей степени ЭХС характеризуется коэффициентом относительной напряжённости. Если он стремится к 1, ЭХС территории сбалансировано по степени антропогенного воздействия и потенциалу устойчивости природы, если к 0 — территория слабо вовлечена в хозяйственную деятельность. Для комплексной оценки естественной устойчивости природной среды, которая сохраняется при невысокой АН, использован интегральный показатель естественной защищённости (ЕЗ) территории. Количественным выражением ЭХБ является коэффициент естественной защищённости ($K_{ез}$) [11].

Изменения ЭХБ островов архипелага с 1975 г. были незначительны. Вместе с тем отмечается небольшая дифференциация между островами, что связано с различной интенсивностью и характером освоения каждого из них. Расчёты показали (табл. 5): в 1975—2015 гг. наиболее напряжённое ЭХС территории островов характерно для 1991 г., что связано с максимальным вовлечением земель в хозяйственную деятельность. Самый высокий уровень ЕЗ отмечается для о. Рикорда со слабым хозяйственным освоением. Степень ЕЗ всех рассматриваемых островов за 1975—2015 гг. оставалась очень высокой ($K_{ез} > 0,95$). Незначительная трансформация ЭХБ, ввиду известных социально-экономических условий, фиксируется после 1991 г. К 2007 г. коэффициенты отражают повышение интенсивности хозяйственного использования территории с сохранением тенденции к 2015 г.

С целью определения взаимосвязи между ландшафтным разнообразием, энтропийной мерой сложности ландшафтного рисунка и коэффициентами ЭХБ была построена корреляционная матрица (табл. 6). Расчёты индексов корреляции иллюстрируют, что все показатели находятся в прямой взаимосвязи между собой, т.е. отражают схожие параметры состояния природных комплексов и степени хозяйственного использования территории. На основе данного вывода можно утверждать: колебания ландшафтного разнообразия на островах с 1975 г. находились в прямой взаимосвязи с показателями ЭХБ: уменьшались к 1991 г. (период максимального антропогенного пресса), увеличивались к 2007 г. (социально-экономический кризис 1990-х гг.), регрессировали к 2015 г. (активизация хозяйственной деятельности).

Таким образом, анализ динамики землепользования на островах архипелага Императрицы Евгении с 1975 г. показал преобладание земель, не вовлечённых в хозяйственную деятельность. Наибольшая доля приходится на леса, за исключением о. Рейнеке, где они сведены в результате рубок и пожаров. К 2015 г. фиксируется увеличение площади лесов, что может говорить о благоприятных процессах восстановления древесной растительности. Наиболее активное хозяйственное освоение островов характерно для 1991 г., что в первую очередь связано с увеличением военных частей и притоком населения. После 1991 г. в результате сложной социально-экономической ситуации стали сокращаться земли, занятые объектами государственных учреждений и служб, сельскохозяйственные угодья, увеличилась доля брошенных объектов.

Таблица 5

ЭХБ островов архипелага Императрицы Евгении

Показатели ЭХБ	1975 г.	1991 г.	2007 г.	2015 г.
о. Русский				
Коэффициент абсолютной напряжённости (Ка)	0,072	—	0,046	0,100
Коэффициент относительной напряжённости (Ко)	0,070	—	0,067	0,129
Интегральный показатель естественной защищённости территории (Рсф)	9260,391	—	9379,145	8905,647
Коэффициент естественной защищённости территории (Кез)	0,924	—	0,942	0,893
о. Попова				
Коэффициент абсолютной напряжённости (Ка)	0,073	0,083	0,059	0,059
Коэффициент относительной напряжённости (Ко)	0,070	0,080	0,067	0,069
Интегральный показатель естественной защищённости территории (Рсф)	1189,382	1183,528	1214,686	1212,137
Коэффициент естественной защищённости территории (Кез)	0,917	0,913	0,937	0,935
о. Рейнеке				
Коэффициент абсолютной напряжённости (Ка)	0,030	0,027	0,024	0,024
Коэффициент относительной напряжённости (Ко)	0,028	0,027	0,028	0,027
Интегральный показатель естественной защищённости территории (Рсф)	514,041	516,199	527,472	527,856
Коэффициент естественной защищённости территории (Кез)	0,947	0,951	0,972	0,973
о. Рикорда				
Коэффициент абсолютной напряжённости (Ка)	0,000	0,0033	0,0002	0,0002
Коэффициент относительной напряжённости (Ко)	0,000	0,0033	0,0012	0,0002
Интегральный показатель естественной защищённости территории (Рсф)	487,70	486,12	487,22	487,61
Коэффициент естественной защищённости территории (Кез)	1,000	0,9968	0,9990	0,9998

Примечание: «—» — нет данных

Таблица 6

Корреляционная матрица между показателями ландшафтной структуры и ЭХБ

	Дmg	Н	Ка	Ко	Рсф	Кез
Дmg		0,865	0,933	0,950	0,975	0,925
Н	0,865		0,930	0,919	0,735	0,927
Ка	0,933	0,930		0,998	0,870	1,000
Ко	0,950	0,919	0,998		0,897	0,997
Рсф	0,975	0,735	0,870	0,897		0,862
Кез	0,925	0,927	1,000	0,997	0,862	

С 2008 г. на островах начинается реализация крупных инфраструктурных проектов, приуроченных к саммиту АТЭС-2012. Практически полностью они сконцентрированы на о. Русский, в результате произошло: увеличение в 21,5 раза зоны производственной, инженерной и транспортной инфраструктур; уменьшение на 495 га земель, не вовлечённых в хозяйственное использование; формирование научно-образовательного и рекреационного кластеров. Менее существенные изменения характерны для других островов, где фиксируются развитие рекреационной деятельности, возобновление сельскохозяйственного производства.

Хозяйственное освоение островов приводит к деградации геосистем: эрозии почвенного покрова; уничтожению растительных сообществ, в первую очередь лесов; частому возникновению пожаров. Количественно данный вывод подтверждается оценкой ландшафтного разнообразия, которое уменьшается при увеличении антропогенного пресса. Длительное хозяйственное использование территории обуславливает нарушение вещественно-энергетических потоков в ландшафтных катенах и ослабляет взаимосвязь между ландшафтным разнообразием, энтропийной мерой сложности и площадью острова.

Несмотря на негативные процессы в геосистемах, оценка ЭХБ островов показала, что степень ЕЗ оставалась очень высокой. Корреляция количественных параметров ландшафтной структуры и ЭХБ отражает высокую взаимосвязь данных показателей. На основе выполненного анализа определено: для 1991 г. были характерны наименьшие значения ландшафтного разнообразия, которые увеличились к 2007 г. и снова снизились к 2015 г. в результате активизации хозяйственной деятельности.

Антропогенная трансформация геосистем имеет негативное влияние не только на устойчивое функционирование ландшафтов, но и на социально-экономический потенциал территорий. Несмотря на активное хозяйственное освоение островов архипелага на протяжении 150 лет и увеличение антропогенного пресса, отмечается сохранение природного каркаса территории, который является базисом для будущего развития. При дальнейшем хозяйственном освоении островных земель важно учитывать экологическую специфику и проводить грамотное планирование данного процесса.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Бассейновый принцип формирования рекреационных систем Приморья / В.И. Преловский, А.М. Короткий, И.Ю. Пузанова, С.А. Саболдашев. Владивосток: Владивостокский филиал РТА, 1996. 150 с.
2. Борисов Р.В., Ганзей К.С. Динамика использования земель островов Попова, Рейнеке, Рикорда за период 1975—2015 гг. (зал. Петра Великого) // Геосистемы и их компоненты в Северо-Восточной Азии: эволюция и динамика природных, природно-ресурсных и социально-экономических отношений. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 288—293.
3. Бровка П.Ф., Малюгин А.В. Техногенная трансформация берегов Японского моря // Ойкумена. Регионоведческие исследования. Владивосток, 2015. № 3. С. 7—14.

4. Викторов А.С. Рисунок ландшафта. М.: Мысль, 1986. 177 с.
5. Ганзей К.С. Динамика использования земель с 2007 по 2014 г. и перспективы развития о. Русский (зал. Петра Великого) // География и природные ресурсы. Новосибирск, 2016. № 3. С. 160—167.
6. Ганзей К.С., Иванов А.Н. Ландшафтное разнообразие Курильских островов // География и природные ресурсы. Новосибирск, 2012. № 2. С. 87—94.
7. Делле П.И. Краткий обзор лесного хозяйства в Приамурском генерал-губернаторстве // Тр. съезда лесных чинов Приамурского управления государственных имуществ. Хабаровск: Тип. т-ва «Общий Труд», 1908. С. 3—42.
8. Дьяконов К.Н., Иванов А.Н. Устойчивость и инерционность геосистем // Вестник МГУ. 1991. Серия 5: География. № 1. С. 28—34.
9. Дьяконов К.Н., Пузаченко Ю.Г. Теоретические вопросы островного ландшафтоведения // Горизонты географии. К 100-летию К.К. Маркова. М.: б.и., 2005. С. 14—17.
10. Исаченко А.Г. Ландшафты СССР. Л.: Изд-во Ленингр. ин-та, 1985. 320 с.
11. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. М.-Смоленск: Маджента, 2003. 384 с.
12. Манько Ю.И. Роль лесничих и администрации Приамурского края в охране лесов и биологических ресурсов на российском Дальнем Востоке в дореволюционное время // Вестник ДВО РАН. 2013. № 2. С. 22—40.
13. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Многолетние данные. Приморский край. Серия 3. Вып. 26. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 416 с.
14. Недолужко В.А., Денисов Н.И. Флора сосудистых растений о. Русский (зал. Петра Великого в Японском море) // Тр. ботанич. садов ДВО РАН. Т. 4. Владивосток: Дальнаука, 2001. 98 с.
15. Николаев В.А. Проблемы регионального ландшафтоведения. М.: МГУ, 1979. 160 с.
16. Плюснин В.М. Ландшафтный анализ горных территорий. Иркутск: Изд-во Ин-та геогр. СО РАН, 2003. 257 с.
17. Пузаченко Ю.Г., Дьяконов К.Н., Алещенко Г.М. Разнообразие ландшафта и методы его измерения // География и мониторинг биоразнообразия. М.: Изд-во НУМЦ, 2002. С. 143—302.
18. Современное состояние и антропогенная трансформация геосистем островов зал. Петра Великого / К.С. Ганзей, А.Г. Киселёва, И.М. Родникова, Н.Ф. Пшеничникова // Ойкумена. Регионоведческие исследования. 2016. № 1. С. 40—49.

REFERENCES

1. *Bassejnovy'j princip formirovaniya rekreacionny'h system Primor'ya* [Recreation systems of Primorye region forming by the basin principle]. Vladivostok, Vladivostokskij filial RTA Publ., 1996, 150 p. (In Russ.)
2. Borisov R.V., Ganzei K.S. Dinamika ispol'zovaniya zemel' ostrovov Popova, Reyneke, Rikorda za period 1975—2015 gg. (zaliv Petra Velikogo) [Dynamics of the land use of the Popov, Reyneke, Rikord islands over the period of 1975—2015 (Peter the Great Bay)]. *Geosystemy i ih komponenti v Severo-Vostochnoy Azii: evoluciya i dinamika prirodnyh, prirodno-resursnyh i social'no-ekonomicheskikh otnoshenii* [Geosystems and their components in Northeast Asia: evolution and dynamics of natural, natural and resource, and social economic relations]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2016, pp. 288—293. (In Russ.)
3. Brovko P.F., Malugin A.V. Tehnogennaya transformaciya beregov Yaponskogo morja [Technogenic transformation of the coasts of the Sea of Japan]. *Oikumena. Regionovedcheskie issledovaniya*, 2015, vol. 3, pp. 7—14. (In Russ.)

4. Viktorov A.S. *Risunok landshftov* [Picture of landscapes]. Moscow, Mysl' Publ., 1986, 177 p. (In Russ.)
5. Ganzei K.S. Dinamika ispol'zovaniya zemel' s 2007 po 2014 g. i perspektivy razvitiya ostrova Rysskiy (zaliv Petra Velikogo) [Dynamics of the land use from 2007 to 2014 and development prospects of the Russky Island (Peter the Great Bay)]. *Geografija i prirodnye resursy*, Novosibirsk, 2016, vol. 3, pp. 160–167. (In Russ.)
6. Ganzei K.S., Ivanov A.N. Landshaftnoe raznoobrazie Kuril'skih ostrovov [Landscape diversity of Kurile Islands]. *Geografija i prirodnye resursy*, Novosibirsk, 2012, no. 2, pp. 87–94. (In Russ.)
7. Delle P.I. Kratkij obzor lesnogo hozyaistva v Priamurskom general-gubernatorstve [Brief review of forest management in Amur River region governor-generalship]. *Trudy s'ezda lesnih chinov Priamyrskogo upravleniya gosudarstvennih imushestv* [Proceedings of the convention of the forest officials of the Amur department of government property]. Habarovsk, Tipografiya tovarishstva "Obshij trud" Publ., 1908, pp. 3–42. (In Russ.)
8. D'yakonov K.N., Ivanov A.N. Ustojchivost' i inercionnost' geosystem [Stability and passivity of geosystems]. *Vestnik MGU*, vol. 5, Geografiya, 1991, no. 1, pp. 28–34. (In Russ.)
9. D'yakonov K.N., Puzachenko Yu.G. Teoreticheskie voprosy ostrovnogo landshaftovedeniya [Theoretical questions of island landscape science]. *Gorizonty geografii. K 100-letiu K.K. Markova* [Horizons of geography. On the occasion of centenary of the birth of K.K. Markov]. Moscow, 2005, pp. 14–17. (In Russ.)
10. Isachenko A.G. *Landshafty' SSSR* [Landscapes of USSR]. Leningrad, Izdatel'stvo Leningradskogo instituta Publ., 1985, 320 p. (In Russ.)
11. Kochurov B.I. *Ecodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie* [Ecodiagnosics and sustainable development]. Moscow, Smolensk, Madjenta Publ., 2003, 284 p. (In Russ.)
12. Man'ko Yu.I. Rol' lesnichih i administracii Priamurskogo kraja v ohrane lesov i biologicheskikh resyrsov na rossiiskom Dal'nem Vostoke v dorevolucionnoe vremya [The role of forest wardens and administration of the Priamurye region in forest conservation and biological resources in the Russian Far East in pre-revolutionary time]. *Vestnic DVO RAN*, 2013, vol. 2, pp. 22–40. (In Russ.)
13. *Nauchno-prikladnoj spravochnik po klimatu SSSR. Mnogoletnie dannyy'e. Primorskij kraj* [The scientific engineering reference book on climate of the USSR. Long-term data. Primorsky Krai]. Leningrad, Gidromeoizdat Publ., ser. 3, vol. 26, 1988, 416 p. (In Russ.)
14. Nedoluzhko V.A., Denisov N.N. Flora sosydistih rasteniy ostrova Russkiy (zaliv Petra Velikogo v Yaponskom more) [Flora of vascular plants of Russky Island (Peter the Great Bay in the Sea of Japan)]. *Trudy botanicheskikh sadov DVO RAN* [Proceedings of botanical gardens FEB RAS], vol. 4, Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2001, 98 p. (In Russ.)
15. Nikolaev V.A. *Problemy regional'nogo landshaftovedeniya* [Problems of regional landscape science]. Moscow, MGU Publ., 1979, 160 p. (In Russ.)
16. Plysnin V.M. *Landshaftniy analiz gornih territoriy* [Landscape analysis of mountain territories]. Irkutsk, Izdatel'stvo Instityta geografii SO RAN Publ., 2003, 257 p. (In Russ.)
17. Puzachenko Yu.G., D'yakonov K.N., Aleshchenko G.M. Raznoobrazie landshaftov i metody ego izmereniya [Landscape diversity and methods of its measurement]. *Geografiya i monitoring bioraznoobraziya* [Geography and biodiversity monitoring]. Moscow, Izdatel'stvo NYMC Publ., 2002, pp. 143–302. (In Russ.)
18. Sovremennoe sostoyanie i antropogennaya transformaciya geosystem ostrovov zaliva Petra Velikogo [Current state and anthropogenic transformation of geosystems on islands of the Peter the Great Bay]. *Oikumena. Regionovedcheskie issledovaniya*, 2016, vol. 1, pp. 40–49. (In Russ.)