

УДК: 911.2

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛАНДШАФТОВ ОСТРОВА ШКОТА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

© 2019 г. К. С. Ганзей<sup>1\*</sup>, А. Г. Киселева<sup>1\*\*</sup>, Н. Ф. Пшеничникова<sup>1\*\*\*</sup>, И. М. Родникова<sup>1\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>Тихоокеанский институт географии ДВО РАН,  
ул. Радио, д. 7, Владивосток, 690041 Россия

\*E-mail: geo2008@mail.ru

\*\*E-mail: alena\_kiseleva@mail.ru

\*\*\*E-mail: n.f.p@mail.ru

\*\*\*\*E-mail: rodnikova\_ilona@mail.ru

Поступила в редакцию: 29.11.2018 г.

После исправления: 5.04.2019 г.

Исследование острова Шкота (залив Петра Великого, Японское море) позволило оценить современное состояние его ландшафтов. Высокосомкнутые широколиственные леса тяготеют к склонам северной и западной экспозиций, а разреженные и низкорослые широколиственные леса, кустарниковые, полукустарниковые и луговые сообщества – к склонам южной и восточной экспозиций. В почвенно-растительном покрове, как и на других островах, принадлежащих ранее военному ведомству, обнаруживаются следы техногенного воздействия. Ландшафтная структура острова сформирована 16 морфологическими единицами ранга урочище. Вся территория острова относится к горному классу ландшафтов. Почти 82% площади острова приходится на низкогорный подкласс, 12.35% – на прибрежный подкласс ландшафтов; в северной части острова представлен пляжевый аккумулятивный ландшафт на песчано-галечных прибрежных отложениях без растительного и почвенного покровов. В настоящее время ведущий фактор антропогенной трансформации природных комплексов – нерегламентированная рекреационная деятельность. Естественное функционирование ландшафтов периодически нарушается беглыми низовыми пожарами. Содержание валовых форм тяжелых металлов в аккумулятивно-гумусовых горизонтах почвенного покрова составляет незначительную часть от ориентировочно допустимых концентраций. Повышенное содержание тяжелых металлов в почвах западной части острова связано с влиянием рекреационной деятельности. Показано, что более 50% территории острова характеризуется высокой степенью рекреационной дигрессии растительности. Антропогенная трансформация ландшафтов острова выражается в уменьшении показателей ландшафтного разнообразия.

**Ключевые слова:** остров, ландшафт, растительность, лишайник, бурозем, пожар, антропогенное воздействие, тяжелые металлы, рекреационная дигрессия, Приморский край, Японское море.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019363-74>

### ВВЕДЕНИЕ

Антропогенное влияние на ландшафты островов залива Петра Великого (Японское море) с конца XIX в. привело к частичному сведению типичных для островов хвойно-широколиственных, полидоминантных широколиственных лесов и смене их на кустарниково-полукустарниково-травяные сообщества, обеднению видового состава лишайников с повсеместным распространением видов антропогенно-нарушенных местообитаний, активизации плоскостной эрозии почвенного покрова и падению ландшафтного разнообразия. Нарушение естественных вещественно-энергетических

потоков в ландшафтных катенах приводит к необратимым процессам деградации природной среды островов. Признаки данного процесса отмечаются на островах архипелага Императрицы Евгении. После строительства моста на о. Русский в 2012 г. наблюдается активное вовлечение территории островов в рекреационную деятельность, в основном нерегламентированную. Увеличение количества рекреантов и организация стихийных мест для кемпингов в ряде случаев оказывают наиболее сильное антропогенное влияние на островные ландшафты. Необходимо отметить наличие регионального и трансграничного переноса загрязняющих веществ, которое также имеет

негативное воздействие на природу островов и может затруднять сохранение естественных природных комплексов.

Цель настоящего исследования – проанализировать роль природных и антропогенных факторов пространственной дифференциации ландшафтов и антропогенной деятельности на геоэкологическое состояние о. Шкота.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- проанализированы физико-географические особенности района исследования;
- выполнены полевые геоботанические, почвенные и ландшафтные исследования;
- определены физико-химические свойства почв и содержание тяжелых металлов в гумусовых горизонтах;
- составлена серия карт и картосхем пространственного распределения тяжелых металлов в почвах.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследований применялся комплекс физико-географических методов: обработка фондовых материалов, полевые геоботанические, почвенные, лишенологические исследования, аналитическая обработка почвенных образцов, дешифрирование данных дистанционного зондирования, картографический, картографо-статистический и метод количественного анализа.

Во время полевых работ (2009, 2017, 2018 гг.) в разных типах ландшафтов выполнены геоботанические описания, собраны гербарные образцы сосудистых растений и лишайников, сделаны морфологические описания почв (рис. 1).

Для геоэкологического анализа почвенного покрова были отобраны образцы почв из гумусовых горизонтов и проведено определение валового содержания тяжелых металлов по стандартной методике<sup>1</sup>, определен уровень суммарного загрязнения почв (Zc)<sup>2</sup>. Выполнена оценка рекреационной дигрессии по состоянию растительного и лишайникового покровов. Базисом для этого служили региональные исследования, выполненные В.П. Селедцом с соавторами [15], с дополнениями по состоянию лишайникового покрова – комплексного индикатора экологического состояния территории [14]. Оценка проведена по 3 группам с анализом состояния: растительности – сомкну-

тость крон (80-90, 60-80, 20-60%), проективное покрытие кустарников (40-60, 20-40, 0-20%) и трав (60-90, 40-60, 0-40%), наличие адвентивных видов (отсутствие, менее 50, более 50%), присутствие напочвенных лишайников (более 50, менее 50%, отсутствие), механические и термические повреждения растений и лишайников, наличие дорог, троп, кострищ, кемпингов.

Осуществлено ландшафтное картографирование в масштабе 1:25000. Картографирование выполнено на основе принципов структурно-генетической классификации ландшафтов [9] в масштабе 1:25000 с применением программного пакета ArcGis 10.1.

## ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Остров Шкота расположен южнее о. Русский, его площадь – 251.83 га. Он входит в состав архипелага Императрицы Евгении, административно относится к Фрунзенскому району г. Владивостока. На севере острова расположена вытянутая на 450 м аккумулятивная форма рельефа, которая продолжается в виде подводной косы, соединяющейся с о. Русский. При наиболее сильных отливах коса осушается, и по ней попадает на остров большая часть рекреантов. В XX в. во время использования острова под военные нужды производилась отсыпка и сооружалась дорога. После прекращения функционирования военных объектов дорога под действием морских процессов была разрушена.

По данным В.И. Преловского с соавторами [10], современные очертания островов залива Петра Великого сформировались около 7-4 тыс. лет назад. По геологическому строению остров входит в Муравьево-Дунайскую структурно-формационную зону с развитием ниже- и верхнепермского вулканического складчатого комплекса. Рельеф о. Шкота низкогорный, с развитием локальных террасовидных участков в прибрежной зоне. В центральной части острова расположена наивысшая точка (147 м), которая является водоразделом между восточными и западными макросклонами. Система поверхностного стока практически не развита и представлена несколькими овражно-балочными образованиями с временными водотоками. Климат муссонный, со средним количеством осадков около 800 мм/год, 85% которых приходится на летний период. Среднегодовая температура воздуха около +6°C<sup>3</sup>. Для почв свойственны особенности “островного” почвообразования, обусловленные природными факторами – геохимическим влиянием моря, высотой,

<sup>1</sup> Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (утв. Минсельхозом РФ 10.03.1992). Москва, 1992. 62 с.

<sup>2</sup> Методические основы эколого-геохимических исследований // Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов URL: [https://www.imgre.ru/images/old/doc/kafedra\\_2015/Morozova\\_0002.pdf](https://www.imgre.ru/images/old/doc/kafedra_2015/Morozova_0002.pdf) (дата обращения 01.04.2019)

<sup>3</sup> Научно-прикладной справочник по климату СССР. Многолетние данные. Приморский край. Л.: Гидромеоиздат, 1988. Сер. 3. Вып. 26. 416 с.

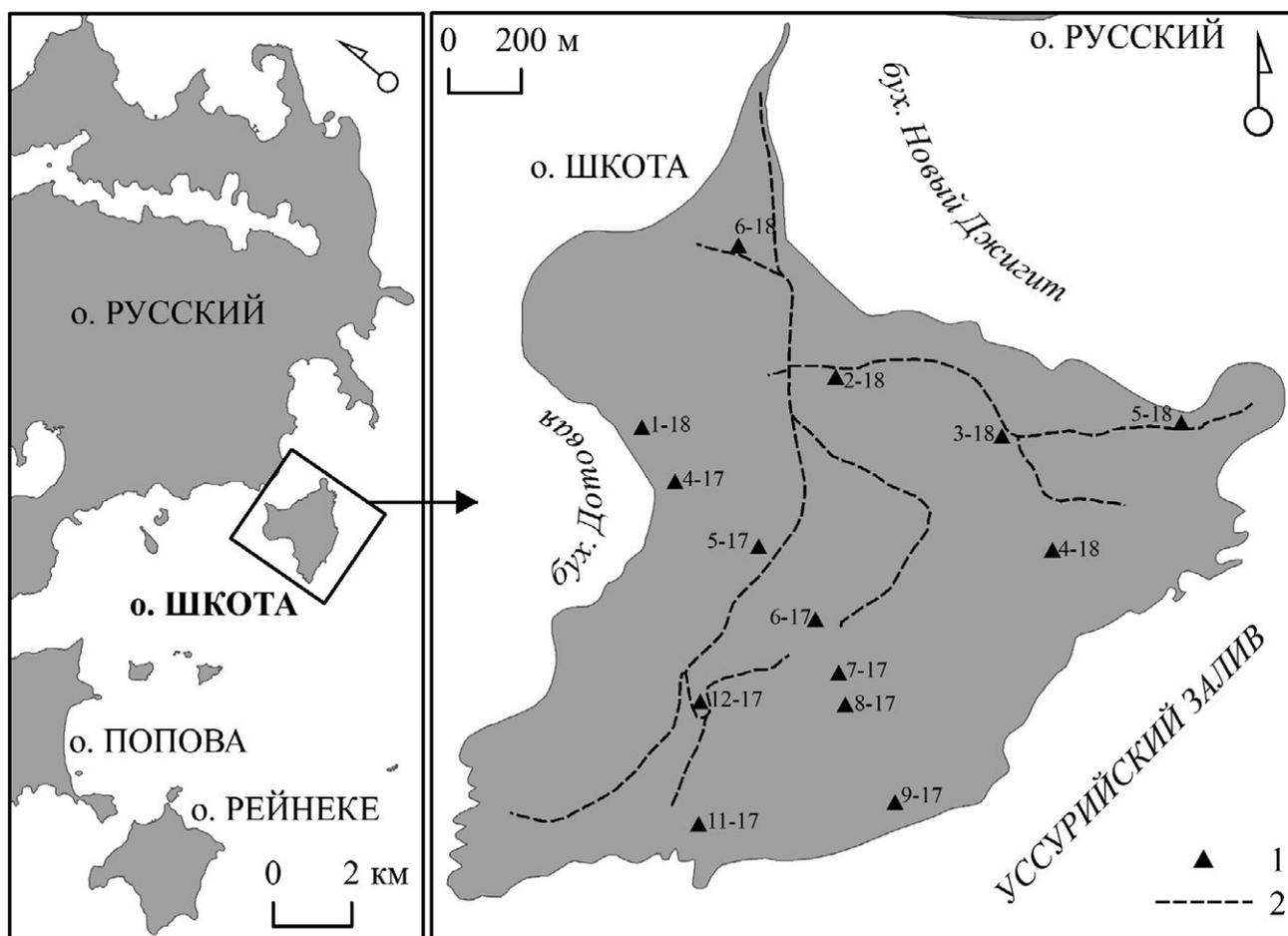


Рис. 1. Картограмма района исследования. Условные обозначения: 1 – точки наблюдения, 2 – дороги грунтовые.

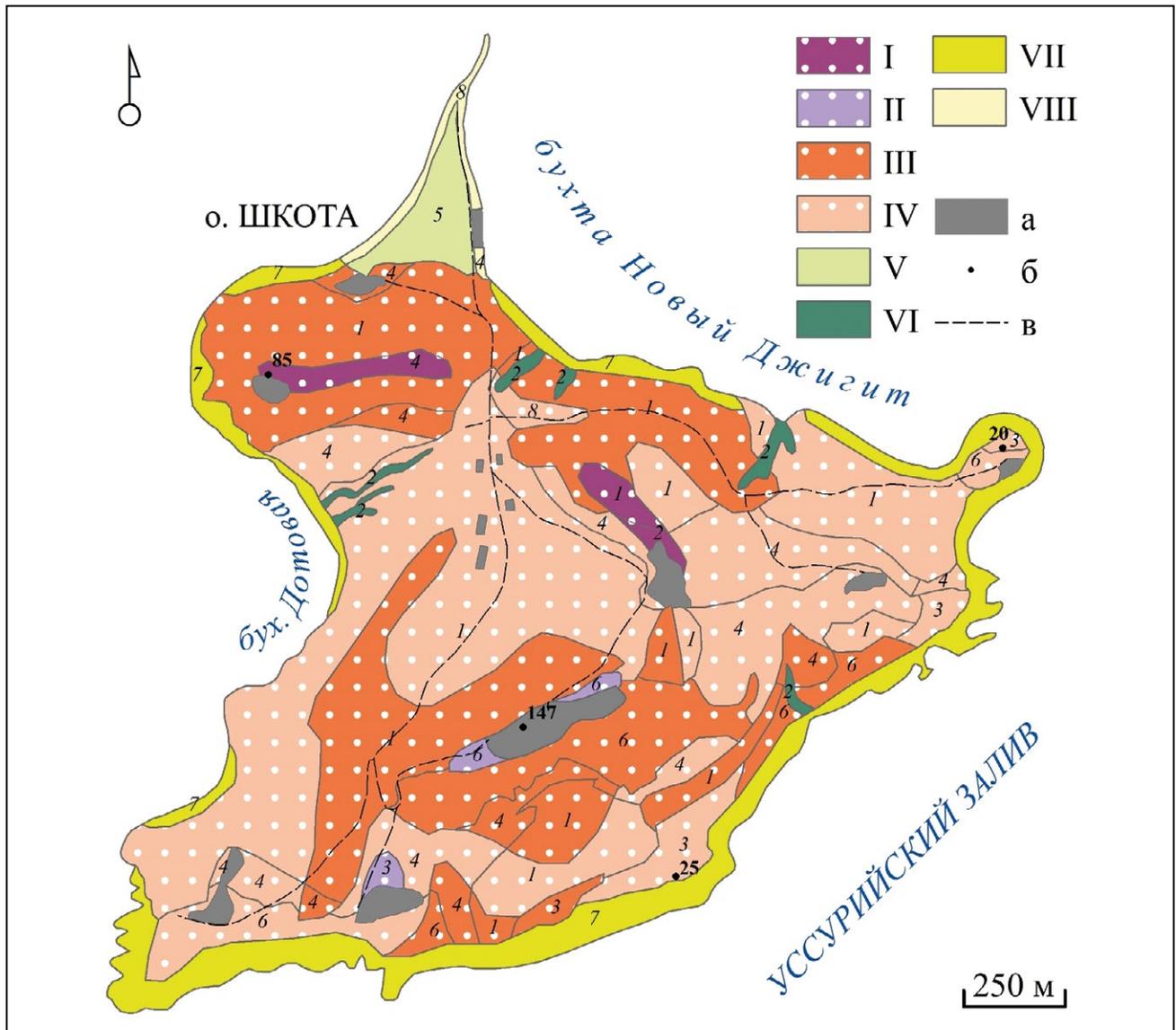
крутизной, экспозицией склонов и разнообразием растительности. Основной фон в структуре почвенного покрова островов залива Петра Великого составляют буроземы [7, 12, 13]. Флора сосудистых растений острова относится к Маньчжурской провинции Восточноазиатской области Бореального подцарства Голарктического царства и носит неморальные черты. Большинство видов имеют восточноазиатское распространение [16]. В ландшафтном отношении на островах залива представлены Дальневосточные бореальные и суббореальные средне- и южнотаежные притихоокеанские ландшафты с характерной муссонной циркуляцией воздушных масс [8].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Ландшафтная структура** о. Шкота сформирована 16 морфологическими единицами ранга урочище (рис. 2). Вся территория острова относится к горному классу ландшафтов. Почти 82% площади острова приходится на низкогорный подкласс, который преимущественно сформирован денудационными пологими (113.72 га) и средней крутиз-

ны (86 га) склонами на гранитах и гранитоидах, местами гранодиоритах. Вершинные и привершинные денудационные гребневидные и выположенные ландшафты занимают 2.5% от площади острова и главным образом локализованы в пределах водораздела. В почвенно-растительном покрове доминируют высокосомкнутые полидоминантные широколиственные леса из граба, липы, ясеня, кленов на типичных буроземах.

В растительном покрове в древесном ярусе преобладают дуб монгольский (*Quercus mongolica*), липа амурская (*Tilia amurensis*), клены мелколистный (*Acer mono*) и ложнозибольдов (*A. pseudosiboldianum*), граб сердцелистный (*Carpinus cordata*) и др. Общая сомкнутость крон (ОСК) составляет 90%, высота до 12 м. В кустарниковом ярусе представлены калина Саржента (*Viburnum sargentii*), чубушник тонколистный (*Philadelphus tenuifolius*), жимолости Рупрехта (*Lonicera ruprechtiana*) и золотистоцветковая (*L. chrysantha*) и др. Общее проективное покрытие (ОПП) составляет 40%, высота до 1.5 м. Травяной ярус очень разнообразен, ОПП до 90%, высота до 1.2 м. На коре деревьев лишайниковый покров составляет от 5 до 60%.



**Рис. 2.** Ландшафтная карта о. Шкота. Условные обозначения: а – антропогенно трансформированные территории, б – отметки высот (м), в – дороги грунтовые.

#### Ландшафты

##### Геолого-геоморфологическое строение:

*Низкогорные на гранитах, гранитоидах и гранодиоритах (местами):* I – вершинные и привершинные денудационные гребневидные, II – вершинные и привершинные денудационные выположенные, III – склоновые денудационные средней крутизны, IV – склоновые денудационные пологие, V – прибрежные аккумулятивные низменные;

*Долинные на гравийных супесчано-глинистых отложениях:* VI – овражно-балочные эрозионно-денудационные V-образные;

*Прибрежные на маломощных осадочных отложениях:* VII – уступы абразионно-денудационные;

*Прибрежные на песчано-галечных отложениях:* VIII – пляжевые аккумулятивные.

##### Почвенно-растительный покров:

*Лесные широколиственные:* 1 – высокосомкнутые полидоминантные из граба, липы, ясеня, кленов на типичных буроземах; 2 – высокосомкнутые полидоминантные из граба, липы, ясеня, кленов на эродированных буроземах; 3 – низкорослые на темных буроземах, 4 – разреженные на темных буроземах;

*Кустарниковые и полукустарниковые:* 5 – кустарниково-разнотравные на луговых почвах; 6 – гмелинопыльно-леспедцевые на темных буроземах;

*Травянистые разреженные:* 7 – супралиторальные группировки на камнях, частично на маршевых почвах и петрофитные группировки на литоземах серогумусовых;

*Пустоши:* 8 – без растительного и почвенного покрова.

Преобладают виды с широкой экологической амплитудой. На лишайниках присутствуют следы угнетения. Вместе с тем иногда встречаются редкие охраняемые виды (*Anzia colpodes*, *Puxine sore-diata*, *Parmotrema reticulatum*).

В почвенном покрове под полидоминантными широколиственными лесами преобладают буроземы типичные с профилем О-АУ-ВМ-ВМС: под лесной подстилкой (О) или ее прогоревшими остатками (Opir) вскрыт маломощный серогумусовый горизонт АУ, переходящий с затеками в сильно скелетный иллювиальный горизонт ВМ, сменяющийся делювиальными отложениями.

На склонах восточной и юго-восточной экспозиций доминируют низкорослые и разреженные леса на буроземах темных с профилем О-АУ-ВМ-ВМС. Под подстилкой (О) из прошлогоднего опада вскрывается темногоумусовый горизонт АУ мощностью до 40 см, сменяющийся бесскелетным с гумусированными затеками иллювиальный горизонт ВМ.

Кустарниковые, полукустарниковые и луговые сообщества сформированы гмелинополынниками леспедецево-разнотравными из полыни Гмелина (*Artemisia gmelinii*), леспедецы двцветной (*Lespedeza bicolor*), малины боярышниковолистной (*Rubus crataegifolius*), лещины маньчжурской (*Corylus mandshurica*) и др. ОПП составляет 100%, высота до 1.5 м. Травяной ярус состоит из полыни побегоносной (*Artemisia stolonifera*), гвоздики китайской (*Dianthus chinensis*), яснотки бородастой (*Lamium barbatum*), горошка мышиного (*Vicia cracca*) с лианами – виноградом амурским (*Vitis amurensis*), выюнком полевым (*Convolvulus arvensis*). ОПП травяного яруса 100%, высота до 1 м. На коре кустарников лишайники встречаются редко, что связано с влиянием пожаров. Встречаются в основном накипные виды. На камнях распространены эпилитные лишайники с покрытием 20-60%.

В подклассе низкогорных ландшафтов на северной оконечности острова также представлен род прибрежный аккумулятивный низменных ландшафтов на песчано-галечных и песчано-глинистых отложениях с кустарниково-разнотравными сообществами на серогумусовых дерновых почвах с профилем О-АУ-Вм-С.

Долинный подкласс ландшафтов представлен овражно-балочными эрозионно-денудационными V-образными на гравийных с супесчано-глинистыми отложениями комплексами (1.03% площади острова). Для овражно-балочных выделов характерно распространение высокосомкнутых полидоминантных широколиственных лесов, аналогичных по составу вышеописанным лесным сообществам на буроземах эродированных. Развитию эрозионных процессов в условиях крутых

склонов способствуют повышенная скелетность почв и ливневой характер осадков. В восточной части острова леса в овражно-балочных комплексах приобретают разреженный и низкорослый вид.

Субдоминантой на острове является прибрежный подкласс ландшафтов (12.35%), который преимущественно сформирован уступами абразионно-денудационными с маломощными осадочными отложениями с супралиторальными группировками на камнях, частично на маршевых почвах с солонцеватым гумусовым горизонтом (АУsn-С) и петрофитными группировками на примитивных почвах с неполноразвитым профилем (О-АУ-С). В растительном покрове представлены крестовник лжеарниковый (*Senecio pseudoarnica*), солянка Комарова (*Salsola komarovii*), колосняк мягкий (*Leymus mollis*), шиповник морщинистый (*Rosa rugosa*) и др. (ОПП 30%, высота 0.1-1 м). Петрофитные группировки сложены мшанкой японской (*Sagina japonica*), подорожником камчатским (*Plantago camtchatica*), горноколосником Максимовича (*Orostachys maximowiczii*), подмаренником настоящим (*Galium verum*) и др. (ОПП 40%, высота 0.1-0.7 м). На абразионно-денудационных уступах отмечен богатый видовой состав лишайников с высоким проективным покрытием.

Важнейшая особенность ландшафтной организации о. Шкота – экспозиционная дифференциация почвенного и растительного покровов. Высокосомкнутые широколиственные леса на буроземах типичных тяготеют к склонам северной и западной экспозиций, а разреженные и низкорослые широколиственные леса, кустарниковые и полукустарниковые сообщества на буроземах темных – к склонам южной и восточной экспозиций. Данная закономерность прослеживается и на других островах залива Петра Великого. Она формируется под влиянием муссонных климатических условий – интенсивного воздействия юго-восточных ветров в вегетационный период и капельно-импульверизационного воздействия морских вод, что приводит к насыщению почвенного покрова влагой и его осолодению, проявляющемуся повышением содержания валовых форм калия и натрия в поверхностных горизонтах [13].

**Геоэкологический анализ.** Как отмечало выше, остров в XX в. активно использовался для военных нужд. Здесь существовали наблюдательный пункт, артиллерийская батарея №904 Владивостокского (Островного) сектора береговой обороны и военный городок. В настоящее время все объекты заброшены. В целом бывшие военные объекты занимают площадь 7.17 га и расположены в пределах вершинных и привершинных поверхностей, а также в центральной части острова

(см. рис. 2). Длительная антропогенная нагрузка привела к значительной трансформации ландшафтов, наиболее сильно — непосредственно в пределах самих объектов и дорожной сети.

При анализе данных дистанционного зондирования Corona за период 1964–1974 гг. были зафиксированы следы прохождения пожаров и уменьшение площадей, занятых лесной растительностью, преимущественно на склонах юго-восточных экспозиций. Сильные экспозиционные различия в современной структуре растительного покрова, вероятно, сформировались и под действием антропогенного и ветрового влияния. Более затрудненные условия лесовосстановления на склонах южных экспозиций из-за активного муссонного влияния в совокупности с хозяйственной деятельностью привели к доминированию здесь кустарниковых и полукустарниковых сообществ. Типичный пример техногенной трансформации почвенного покрова — разрез, заложенный в близости от блиндажа (военный объект на вершине сопки) (см. рис. 1, точка 7–17). Поверхность — бугристо-ямчатая. В результате техногенного уничтожения плодородного почвенного слоя профили почв под гмелиннопопынниками, сформировавшимися на месте уничтоженной лесной растительности, отличается небольшой мощностью (до 37 см), высокой плотностью сложения и сильной скелетностью (80–95 % от объема почвенной массы), задернованностью гумусового горизонта.

В настоящее время ведущим фактором антропогенного пресса на ландшафты о. Шкота является нерегламентированная рекреационная деятельность. Высокая посещаемость острова и организация мест для кемпингов увеличивают вероятность возникновения пожаров. Зафиксировано, что на острове естественное функционирование ландшафтов регулярно нарушается беглыми низовыми пожарами, о чем свидетельствует морфологическое строение отдельных почвенных профилей как под лесными насаждениями (см. рис. 1, точка 6–17), так и под зарослями попыны Гмелина (см. рис. 1, точка 14–17). В отличие от южной оконечности о. Русский, примыкающей к о. Шкота, воздействие пирогенного фактора на последнем значительно менее интенсивно благодаря более изолированному его положению и отсутствию автотранспортной доступности. Например, на о. Русский в почвенном профиле отмечается или отсутствие подстилки, или наличие прогоревших остатков растительного опада в виде фрагментарных тонких прослоек углей, включений обгоревших веточек и угольков. Наличие угольков фиксируется также и в почвенной массе аккумулятивно-гумусовых горизонтов на глубину до 10 см в зависимости от интенсивности пройденного низового пожара. Травяно-кустарниковый ярус

на таких участках полностью уничтожен, а стволы деревьев имеют следы интенсивного обгорания до высоты 1.5 м, что нередко приводит к их усыханию и гибели.

Леспедечники и гмелиннопопынники на о. Шкота являются постпирогенными сукцессиями. На подвергавшихся пожарам участках лишайники в нижней части стволов отсутствуют, либо встречаются небольшие фрагменты таллов в трещинах коры. Лишайники сохраняются в кроне, но их слоевища часто имеют следы угнетения, вызванные воздействием дыма.

Интенсивное механическое воздействие на почвенно-растительный покров происходит в районах расположения кемпингов. Малая мощность и значительная скелетность почв обуславливают отнесение большей части острова к эрозионно-опасной группе земель. Вытаптывание территории приводит к развитию активной плоскостной эрозии и уничтожению травяно-кустарниковых ярусов. В сезон ливневых осадков наблюдаются активный плоскостной смыв подстилки на склонах и частичное обнажение корневой системы подростов древесных пород.

На основе проведенных исследований была оценена рекреационная дигрессия растительного покрова (рис. 3). В результате установлено, что 50.5 % площади о. Шкота характеризуются высокой степенью рекреационной дигрессии. Эта зона

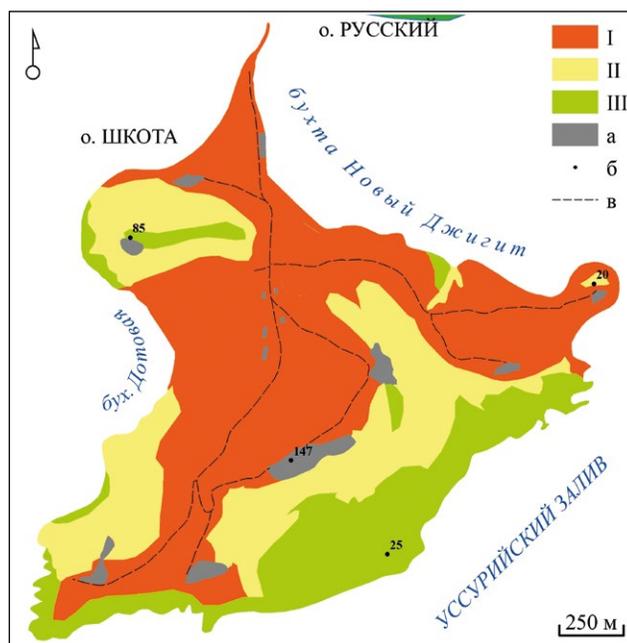


Рис. 3. Карта рекреационной дигрессии растительного покрова о. Шкота. Условные обозначения: степень рекреационной дигрессии: I — высокая, II — средняя, III — низкая; а — антропогенно трансформированные территории, б — отметки высот (м), в — дороги грунтовые.

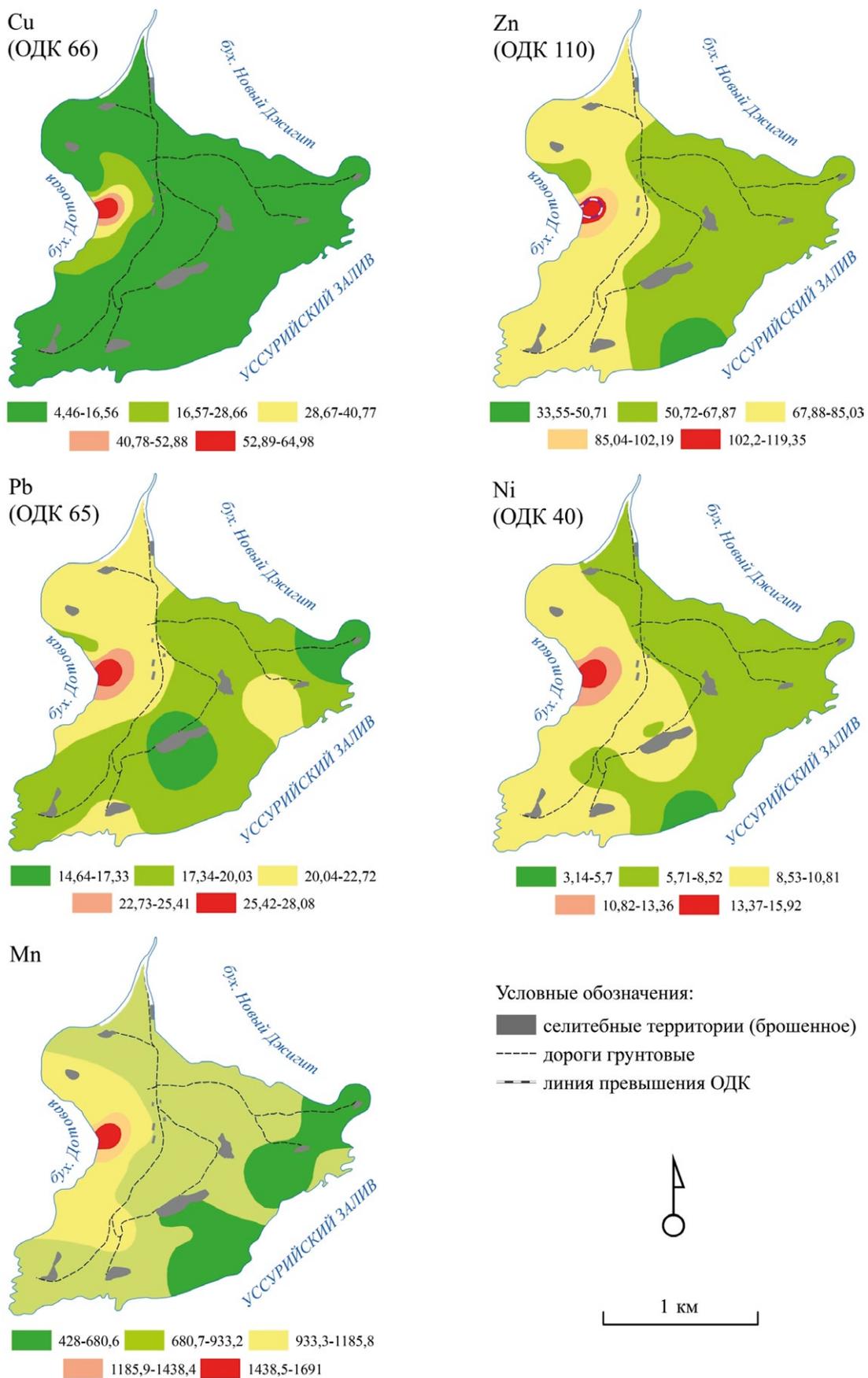


Рис. 4. Пространственное распределение тяжелых металлов в аккумулятивно-гумусовых горизонтах о. Шкота.

преимущественно локализуется вдоль побережий бухт Новый Джигит, Дотовая и центральной части острова. На зону средней рекреационной дигрессии растительного покрова приходится 27.2%, низкой — 19.5%. При картографическом анализе зон отмечается их пространственная взаимосвязь с существующей дорожной сетью, созданной для военных целей. Кроме фактора доступности, высокое влияние на показатель рекреационной дигрессии растительного покрова оказывает эстетическая привлекательность ландшафтов, однако данный вопрос требует дополнительных исследований и выходит за рамки настоящей работы.

Для выявления роли хозяйственной деятельности на экологическую обстановку о. Шкота осуществлено определение валового содержания тяжелых металлов в почве. Результаты лабораторных анализов показали, что содержание валовых форм тяжелых металлов в аккумулятивно-гумусовых горизонтах почвенного покрова составляет незначительную часть от ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) (таблица).

Исключение составляет гумусовый горизонт разреза 4-17. Так, содержание меди в нем на порядок выше содержания в других разрезах и приближается к ОДК, а учитывая погрешность анализа, может даже несколько превышать его. Содержание цинка в нем даже без учета погрешности анализа (119.4 мг/кг) превышает ОДК. Для свинца, никеля, марганца также характерно повышенное содержание в разрезе 4-17 по сравнению с другими, но в отличие от цинка они не превышают ОДК (рис. 4). Причиной повышенного содержания тяжелых металлов в точке 4-17 — ее близость (240 м) к основному месту расположения кемпинговой зоны в бух. Дотовая.

Постоянное разведение костров и сжигание древесины и бытового мусора (в первую очередь полиэтилена) приводят к перераспределению загрязняющих веществ на прилегающие территории. Повышенное содержание цинка (195.4 мг/кг) зафиксировано ранее авторами в аккумулятивно-гумусовом горизонте вблизи базы отдыха “Белый Лебедь” в бух. Воевода на о. Русский, а также в местах регулярного сжигания бытового мусора. В естественных условиях основным источником цинка в почве являются материнские породы. При интенсивном антропогенном влиянии цинк попадает в почвенный покров с атмосферными осадками, пылью и аэрозолями. Цинк относится к наиболее подвижным и биологически доступным элементам на кислых минеральных почвах с легким гранулометрическим составом, что характерно для почв острова. По данным В.А. Алексеенко с соавторами [1], цинку наряду со свинцом

принадлежит первостепенная роль в экологической опасности загрязнения почв городов.

В рамках проведения геоэкологического анализа выполнена оценка загрязнения почв (см. табл.). Данные иллюстрируют, что только в разрезе 4-17 фиксируется низкий или умеренно опасный уровень загрязнения почв по сумме коэффициентов концентрации тяжелых металлов ( $\Sigma K_c$ ), а по уровню суммарного загрязнения почв ( $Z_c$ ) — допустимый или низкий.

Обращает на себя внимание отсутствие влияния заброшенных объектов военной инфраструктуры на содержание тяжелых металлов в почве. Точки 5-17, 6-17, 7-17, 12-17 расположены в непосредственной близости от дорог и бывшей артиллерийской батареи. Валовые содержания тяжелых металлов в почве на этих пунктах близки к показателям в точках, расположенных на удалении от хозяйственных объектов, а в некоторых случаях меньше (см. табл., рис. 4).

Значительная антропогенная трансформация ландшафтов о. Шкота проявляется в низких значениях ландшафтного разнообразия по сравнению с другими островами залива Петра Великого. Ландшафтное разнообразие рассчитано на основе использования индекса Маргалефа ( $D_{mg}$ ) и Менхеника ( $D_{mn}$ ) [11]. Ведущая эмпирическая закономерность ландшафтного строения островов — взаимосвязь между ландшафтным разнообразием и их площадью [6]. При интенсивном антропогенном влиянии происходит нарушение пространственной структуры ландшафтов и трансформация вещественно-энергетических потоков в ландшафтных катенах, что приводит к регрессии значения ландшафтного разнообразия и потере взаимосвязи данного показателя с площадью острова. На о. Шкота  $D_{mg} = 2.89$ ,  $D_{mn} = 1.07$  — самые минимальные значения среди крупных островов залива (с площадью более 100 га) и сравнимы с о. Рейнеке, площадь которого в 2.12 раза больше. Для крупных островов залива Петра Великого средние значения индекса Маргалефа составляют 8.52, индекса Менхеника — 1.71 [3]. Аналогичные тенденции падения показателей ландшафтного разнообразия авторами были зафиксированы ранее для других островов залива [2].

Несмотря на значительное антропогенное воздействие на ландшафты о. Шкота с начала XX в., в настоящее время наблюдается благонадежное восстановление нарушенных участков, в частности территорий, некогда занятых режимными объектами и сетью транспортных дорог. Почвенный покров открытых обезлесенных склонов сохраняет в себе свидетельства антропогенного, преимущественно техногенного, воздействия. Эти участки активно занимают травяно-кустарниковыми

ассоциациями с преобладанием леспедецы и полыни Гмелина, которые активизируют процессы гумусообразования и гумусонакопления. Нередко здесь встречается молодая поросль широколиственных пород. Однако периодическое прохождение пожаров препятствует стабильному лесовосстановлению. Хвойные виды – пихта цельнолистная (*Abies holophylla*) и сосна густоцветковая (*Pinus densiflora*) – встречаются здесь единично и достигают возраста 6-7 лет. Их распространение возможно и естественным путем с других островов и территорий. Результаты ландшафтных исследований на о. Русский показали, что рассматривать имеющиеся на острове посадки пихты цельнолистной как источника семян нельзя [4].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных на о. Шкота исследований были проанализированы специфика пространственной дифференциации и характер антропогенной трансформации ландшафтов, геоэкологическое состояние территории.

На острове преобладают ландшафты низкогорные денудационных пологих и средней крутизны склонов на гранитах и гранитоидах с высокосомкнутыми полидоминантными широколиственными лесами из граба, липы, ясеня,

кленов на типичных буроземах. На склонах восточной и юго-восточной экспозиций лесные сообщества имеют низкорослую и разреженную форму и сменяются кустарниковыми и полукустарниковыми сообществами на луговых почвах и темных буроземах. Экспозиционные различия между склонами северо-западной и юго-восточной экспозиций прежде всего связаны с муссонной циркуляцией воздушных масс. Такая специфика пространственной организации ландшафтов характерна и для других островов залива Петра Великого. Другим важным фактором формирования современной асимметрии ландшафтов является активное использование территории острова в военных целях в XX в.

В настоящее время ведущий фактор антропогенного пресса на природные комплексы – нерегламентированная рекреационная деятельность. Более 50% территории острова характеризуются высокой степенью рекреационной дигрессии растительности. Здесь фиксируются прохождение регулярных пожаров в осенний и весенний периоды, механическая деградация растительного и почвенного покровов в местах расположений кемпинговых зон, загрязнение территории тяжелыми металлами из-за сжигания бытовых отходов. При этом лабораторные анализы показывают, что остатки сооружений военной инфраструктуры не

Содержание валовых форм тяжелых металлов в буроземах (мг/кг) и уровень суммарного загрязнения почв о. Шкота

Разрез	Горизонт	Глубина отбора, см	Cu	Zn	Pb	Ni	Mn	ΣKc	Zc
4-17	AУ	3-13(14)	64.98±16.25	119.35±29.84	28.08±7.02	15.92±3.98	1691±423	7.30	3.30
5-17	AУ	3-9(12)	8.36±2.09	76.40±19.10	21.71±5.43	9.95±2.49	861±215	2.97	0
6-17	AУpir	4-15	6.25±1.56	60.28±15.07	15.12±3.78	8.23±2.06	689±172	2.28	- « -
7-17	AУ	1.5-18	5.92±1.48	54.30±13.58	14.64±3.66	9.38±2.35	525±131	2.09	- « -
8-17	AУ	6-20	7.28±1.82	55.65±13.91	16.09±4.02	8.81±2.20	719±180	2.33	- « -
9-17	AУ	2-15	4.46±1.12	33.55±8.39	19.52±4.88	3.14±0.79	428±107	1.66	- « -
11-17	AУ	5-18	13.10±3.28	77.00±19.25	20.81±5.20	9.25±2.31	838±210	3.15	- « -
12-17	AУe	4-10(19)	8.49±2.12	80.85±20.21	19.32±4.83	7.49±1.87	1080±270	3.02	- « -
1-18	AУ	5-7(10)	8.12±2.03	54.74±13.69	19.62±4.91	8.64±2.16	967±244	2.63	- « -
2-18	AУ	4-13	4.77±1.19	51.28±12.82	19.41±4.85	5.88±1.47	697±174	2.17	- « -
3-18	AУ	5-15(16)	4.46±1.12	55.33±13.83	19.09±4.77	6.15±1.54	811±203	2.28	- « -
4-18	AУpir	3-13	7.16±1.79	61.40±15.35	21.92±5.48	6.93±1.73	614±154	2.49	- « -
5-18	AУ	2-9	5.12±1.28	55.88±13.97	14.89±3.72	6.56±1.64	644±161	2.10	- « -
6-18	AУ	5-11	7.05±1.76	80.03±20.01	20.81±5.20	7.52±1.88	716±179	2.77	- « -
ОДК			66	110	65	40	-	-	-
Региональный кларк [5]			20	70	32	46	1510	-	-

Примечание. ΣKc – сумма коэффициентов концентрации; Zc – суммарный показатель загрязнения.

оказывают влияния на валовые показатели тяжелых металлов. Эколого-геохимическая оценка состояния почв показала, что на о. Шкота фиксируется допустимый или низкий уровень загрязнения.

Антропогенная трансформация ландшафтной организации острова выражается в уменьшении показателей ландшафтного разнообразия, однако фиксируются процессы восстановления растительного и почвенного покровов нарушенных участков на территории заброшенных военных объектов. Почвенный покров сохраняет в себе свидетельства антропогенного, преимущественно техногенного, воздействия, при этом территории активно заселяются травяно-кустарниковыми ассоциациями с преобладанием леспедецы и полыни Гмелина, которые активизируют процессы гумусообразования и гумусонакопления. Отмечается появление единичных экземпляров хвойных пород, что свидетельствует о начальном этапе восстановления коренных хвойно-широколиственных природных комплексов.

В настоящее время разрабатываются различные программы развития островов залива Петра Великого. Выполненные исследования показывают, что антропогенная трансформация ландшафтов, ярко выраженная в преобразовании почвенно-растительного покрова, имеет негативное влияние не только на их устойчивое функционирование, но и на сохранение социально-экономического потенциала развития. Несмотря на интенсивное хозяйственное освоение острова в XX в. и активное использование территории в рекреационных целях в XIX в., отмечается сохранение природного каркаса. Последующее развитие должно базироваться на всесторонней оценке современного геоэкологического состояния территории и функционального зонирования с определением типов природопользования и нормированием предельно-допустимых нагрузок на ландшафты.

**Источник финансирования.** Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 18-77-00001).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.А., Рудский В.В., Алексеев А.В. Влияние размера населенных пунктов на загрязнение городских почв // География и природные ресурсы. 2016. № 3. С. 26-36.
2. Ганзей К.С., Киселева А.Г., Родникова И. М., Лящевская М.С., Пшеничникова Н.Ф. Природные и антропогенные факторы развития геосистем острова Попова (Японское море) // География и природные ресурсы. 2018. №1. С. 131-141.
3. Ганзей К.С., Киселева А.Г., Родникова И.М., Пшеничникова Н.Ф. Современное состояние и антропогенная трансформация геосистем островов залива Петра Великого // Ойкумена. Регионоведческие исследования. 2016. Вып. 36. № 1. С. 40-49.
4. Ганзей К.С., Пшеничникова Н.Ф., Лящевская М.С., Киселева А.Г., Родникова И.М. Состояние посадок пихты цельнолистной и их значение в восстановлении хвойно-широколиственных геосистем острова Русский (залив Петра Великого, Японское море) // Экологический риск: матер. IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 18-21 апреля 2017 г.). Иркутск: ИГ им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. С. 140-142.
5. Голов В.И. Содержание микроэлементов в почвах Приморья // Характеристика агроземов Приморья. Уссурийск: ФГУ ГЦАС «Приморский», ДВО ДОП РАН, 2002. С. 145-155.
6. Дьяконов К.Н., Пузаченко Ю.Г. Теоретические вопросы островного ландшафтоведения // Горизонты географии. К 100-летию К.К. Маркова. М.: Географический факультет МГУ, 2005. С. 14-17.
7. Зонн С.В. Особенности аллитного выветривания и почвообразования на островах Приморья и Дальнего Востока // Изучение и освоение природной среды. М.: Наука, 1976. С. 125-137.
8. Исаченко А.Г. Ландшафты СССР. Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. 320 с.
9. Николаев В.А. Проблемы регионального ландшафтоведения. М.: Изд-во МГУ, 1979. 160 с.
10. Преловский В.И., Короткий А.М., Пузанова И.Ю., Саболдашев С.А. Бассейновый принцип формирования рекреационных систем Приморья. Владивосток: Владивостокский филиал РТА, 1996. 150 с.
11. 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.
12. Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф. Полигенетичные буроземы острова Рикорда (залив Петра Великого) // Геосистемы и их компоненты в Северо-Восточной Азии: эволюция и динамика природных, природно-ресурсных и социально-экономических отношений: матер. Всерос. научно-техн. конф., 21-22 апреля 2016 г. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 237-242.
13. Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф. Специфика формирования буроземов на островах залива Петра Великого (юг Дальнего Востока) // Вестник ДВО РАН. 2013. № 5. С. 87-96.
14. Родникова И.М., Скирина И.Ф. Лихеноиндикация антропогенного воздействия на острова залива Петра Великого (Японское море) // География и природные ресурсы. 2014. № 4. С. 42-48.

15. Селедец В.П., Майоров И.С., Сырица М.В. Рекреационная дигрессия растительности на юге Дальнего Востока // Вестник КрасГАУ. 2008. № 3. С. 178-184.
16. Тактаджян А.Л. Флористические области Земли. Л.: Наука, 1978. 247 с.

## REFERENCES

1. Alekseenko, V.A., Rudskii, V.V., Alekseenko, A.V. *Vliyaniye razmera naseleennykh punktov na zagryazneniye gorodskikh pochv* [Influence of settlement size on soil pollution]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 2016, no.3, pp. 26-36. (in Russian)
2. Ganzei, K.S., Kiselyova, A.G., Rodnikova, I. M., Lyashchevskaya, M.S., Pshenichnikova, N.F. *Prirodnye i antropogennyye faktory razvitiya geosistem ostrova Popova (Yaponskoe more)* [Natural and anthropogenic factors of geosystem development of Popov Island (the Sea of Japan)]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 2018, no. 1, pp. 131-141. (in Russian)
3. Ganzei, K.S., Kiselyova, A.G., Rodnikova, I.M., Pshenichnikova, N.F. *Sovremennoe sostoyaniye i antropogennaya transformatsiya geosistem ostrovov zaliva Petra Velikogo* [Present state and anthropogenic transformation of geosystems at Peter the Great Bay Islands]. *Oikumena. Regionovedcheskie issledovaniya*, 2016, vol. 36, no. 1, pp. 40-49. (in Russian)
4. Ganzei, K.S., Pshenichnikova, N.F., Lyashchevskaya, M.S., Kiselyova, A.G., Rodnikova, I.M. [Conditions of Abies holophylla plantations and their role in the coniferous broad-leaved geosystem restoration of Russkiy Island (Peter the Great Bay, the Sea of Japan)]. *Ekologicheskii risk. Mat. IV Vseross. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem (g. Irkutsk, 18-21 aprelya 2017 g.)* [Ecological risk. Proc. IV All-Russia Sci. Conf.]. Irkutsk, IG im. V.B. Sochavy SO RAN, 2017, pp. 140-142. (in Russian)
5. Golov, V.I. *Soderzhanie mikroelementov v pochvakh Primor'ya. Kharakteristika agrozemov Primor'ya* [The content of trace elements in the soils of Primorye. Characteristics of agrozems in Primorye]. Ussuriisk, DVO DOP RAN, 2002, pp. 145-155. (in Russian)
6. D'yakonov, K.N., Puzachenko, Yu.G. [Theoretic problems of island landscape science]. *Gorizonty geografii. K 100-letiyu K.K. Markova* [Perspective of geography. Centenary of K.K. Makarov], Moscow, 2005, pp. 14-17. (in Russian)
7. Zonn, S.V. [Patterns of allitic weathering and soil-formation on islands of Primorie and Far East]. *Izuchenie i osvoenie prirodnoi sredy* [Study and development of natural resources], Moscow, Nauka Publ., 1976, pp. 125-137. (in Russian)
8. Isachenko, A.G. *Landshafty SSSR* [Landscapes of the USSR]. Leningrad, Leningradskii Univ., 1985, 320 p. (in Russian)
9. Nikolaev, V.A. *Problemy regional'nogo landshaftovedeniya* [Problems of regional landscape science]. Moscow, MGU Publ., 1979, 160 p. (in Russian)
10. Prelovskii, V.I., Korotkii, A.M., Puzanova, I.Yu., Saboldashev, S.A. *Basseinovyi printsip formirovaniya rekreatsionnykh sistem Primor'ya* [Basin approach to forming recreational systems of Primorie]. Vladivostok, Vladivostok branch of RTA, 1996, 150 p. (in Russian)
11. Puzachenko, Yu.G., D'yakonov, K.N., Aleshchenko, G.M. [Landscape diversity and methods of measurements]. *Geografiya i monitoring bioraznobraziya* [Geography and monitoring of biodiversity], Moscow, NUMTS Publ., 2002, pp. 143-302. (in Russian)
12. Pshenichnikov, B.F., Pshenichnikova, N.F. [Polygenetic burozems of Rikorda island (Peter the Great Bay)]. *Mat. Vseros. nauch.-praktich. konf. Geosistemy i ikh komponenty v severo-vostochnoi Azii: evolyutsiya i dinamika prirodnnykh, prirodno-resursnykh i sotsial'no-ekonomicheskikh otnoshenii (Vladivostok, 21-22 apr. 2016 g.)* [Proc. of All-Russia Sci. Conf. Geosystems and their components of northeastern Asia: evolution and dynamics of natural, nature-resource and social-economic relations]. Vladivostok, 2016, pp. 237-242. (in Russian)
13. Pshenichnikov, B.F., Pshenichnikova, N.F. *Spetsifika formirovaniya burozemov na ostrovakh zaliva Petra Velikogo (yug Dal'nego Vostoka)* [Patterns of burozem formation on islands of the Peter the Great Bay (south of the Far East)]. *Vestnik DVO RAN*, 2013, no. 5, pp. 87-96. (in Russian)
14. Rodnikova, I.M., Skirina, I.F. *Likhenoidikatsiya antropogenogo vozdeistviya na ostrova zaliva Petra Velikogo (Yaponskoe more)* [Lichenoidication of anthropogenic impact on the Islands of Peter the Great Bay (Sea of Japan)]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 2014, no.4, pp. 42-48. (in Russian)
15. Seledets, V.P., Mayorov, I.S., Syritsa, M.V. *Rekreatsionnaya digressiya rastitel'nosti na yuge Dal'nego Vostoka* [Recreational digression of vegetation in the south of the Far East]. *Vestnik KrasGAU*, 2008, no. 3, pp. 178-184. (in Russian)
16. Takhtadzhyan, A.L. *Floristicheskie oblasti Zemli* [Floristic zones of the Earth]. Leningrad, Nauka Publ., 1978, 247 p. (in Russian)

## GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF SHKOTA ISLAND LANDSCAPES (THE SEA OF JAPAN)

© 2019 K. S. Ganzei<sup>1,\*</sup>, A. G. Kiselyova<sup>1,\*\*</sup>, N. F. Pshenichnikova<sup>1,\*\*\*</sup>, I. M. Rodnikova<sup>1,\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>*Pacific Geographical Institute, Far East branch, Russian Academy of Sciences,  
ul. Radio, 7, Vladivostok, 690041 Russia*

<sup>\*</sup>*E-mail: geo2008@mail.ru*

<sup>\*\*</sup>*E-mail: alena\_kiseleva@mail.ru*

<sup>\*\*\*</sup>*E-mail: n.f.p@mail.ru*

<sup>\*\*\*\*</sup>*E-mail: rodnikova\_ilona@mail.ru*

The study of Shkota Island (Peter the Great Bay, the Sea of Japan) allows us to assess the modern geosystem condition. High-closed broad-leaved forests are found mainly on the northern and western slopes, whereas scattered and scrub broad-leaved forests, bush, semi-bush and grass communities are found in the south and east. The soil-vegetation cover shows the technogenic impact evidence like on other islands previously belonging to the military department. The landscape structure is composed of 16 morphological units. The total territory is a mountain landscape class, with about 82% of the area belonging to a low-mountain landscape subclass, and 12.35%, to a coastal subclass. Beach accumulative landscape developed on sandy-pebble coastal sediments without soil-vegetation cover is located in the north. Uncontrolled recreational activity has become recently the major factor of anthropogenic transformation of natural complexes. High number of visitors and campsite activity increase the fire danger. Ground fires disturb natural ecosystem functioning. The vegetation, lichens and soils bear the evidence of fire impact. Intense mechanical impact on the soil-vegetation cover occurs in the campsite areas. Because of low depth and high skeletal soil, the bulk of island land is prone to erosion. Trampling leads to active sheet soil erosion and destruction of grass-bush layers. The total content of heavy metals in accumulative-humus layers makes up a small proportion of the approximate permissible concentration. Recreational activity, in particular, burning of solid waste explains high concentration of heavy metals in the west. Copper concentration increases by an order of magnitude there in comparison with ones from the other island parts. The copper concentration comes close to the approximate permissible concentration or may outnumber it, considering an analytical error. Zinc concentration outnumbers the approximate permissible concentration without including analytical error.

Intense anthropogenic impact disturbs the spatial landscape structure and changes material-energy flows resulting in decreasing landscape diversity. Though Shkota Island geosystems have experienced high anthropogenic influence since the beginning of the XXth century, today we observe reliable restoration of destroyed ecosystems. These areas are being actively covered with grass-bush communities dominating by *Lespedeza bicolor* and *Artemisia gmelini*, which boosts humification and humus accumulation. Saplings of broad-leaved trees spring there. But periodic ground fires make stable forest restoration difficult.

**Keywords:** *islands, geosystems, vegetation, lichens, burozem, fires, anthropogenic pressure, heavy metals, Primorsky Krai, the Sea of Japan.*

**DOI:** <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019363-74>