

- [23] *Fujita M., Thisse J.-F.* Economics of Agglomeration: Cities, Industrial Location, and Globalization. 2011. P. 528.
- [24] *Krugman P.* Increasing returns and economic geography // *Journal of Political Economy*. 1991a. Vol. 99, N 3. P. 483—499.
- [25] *Krugman P.* History versus expectations // *Quarterly Journal of Economics*. 1991b. Vol. 106, N 2. P. 651—667.
- [26] *Notteboom T., Rodrigue J.-P.* Port Regionalization: Towards a New Phase in Port Development // *Maritime Policy & Management*. 2005. 32 (3). 297—313.
- [27] *Porter M.* Competitive Advantage of Nations. New York: Free Press, 1990.
- [28] *Scott A., Storper M.* Regions, Globalization, Development. *Regional Studies*. 2003. Vol. 37, N 6 & 7.
- [29] *Tabuchi T., Thisse J.-F.* A new economic geography model of central places // *Journal of Urban Economics*. 2011. 69(2). P. 240—252.
- [30] *Thisse J.-F., Thomas I.* Bruxelles et Wallonie: Une lecture en termes de geo-économie urbaine // *Reflets et Perspectives de la Vie Economique*. 2007. 46 (1). P. 75—93.
- [31] *Verhetsel A., Sel S.* World maritime cities: From which cities do container shipping companies make decisions? *Transport Policy*. 16 (5), September 2009. P. 240—250.

Изв. РГО. 2018. Т. 150, вып. 3

СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА БЕРЕГОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ОСТРОВА КОТЛИН (ФИНСКИЙ ЗАЛИВ)

© **Е. А. ВОЛКОВА**,^{*1} **Г. А. ИСАЧЕНКО**,^{**2} **А. И. РЕЗНИКОВ**,^{***3} **Д. В. РЯБЧУК**,^{****4}
А. Ю. СЕРГЕЕВ,^{****5} **В. Н. ХРАМЦОВ**,^{*6} **Н. Б. ОСТАНИН**^{****7}

* Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

** Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

*** Всероссийский научно-исследовательский геологический институт
им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург

**** Санкт-Петербургское государственное геологическое унитарное предприятие
«Специализированная фирма «Минерал»

E-mail: ¹evolkova305@gmail.com

²greg.isachenko@gmail.com

³ar1725-2@mail.ru

⁴Daria_Ryabchuk@mail.ru

⁵Leon_likes@mail.ru

⁶vteberda@gmail.com

⁷nikifor.ostanin@yandex.ru

Изложены результаты исследования динамики береговой линии западной части о-ва Котлин, на котором в начале XVIII в. была создана военно-морская крепость Кронштадт — ныне район Санкт-Петербурга. В течение последних 300 лет в западной части острова преобладают процессы размыва (абразии). По данным сравнения разновременных аэрофото- и космоснимков, средняя скорость размыва территории за период 1939—2005 гг. составила 1720 м²/год, а за период 2005—2016 гг. — 4572 м²/год. Скорость линейной абразии острова, рассчитанная по историческим картам и другим свидетельствам, составляет 12 м/год с начала XIX в. и 16 м/год с начала XVIII в. Существенное (более чем в 2.5 раза) увеличение темпов размыва берегов в последнее десятилетие по сравнению со второй половиной XX в. может быть объяснено увеличением частоты штормов, сопровождаемых нагонами в безледный осенне-зимний период.

Наблюдения на постоянных пробных площадях в пределах природного заказника «Западный Котлин», проводимые с 2012 г., позволили изучить процессы динамики ландшафтов на участках побережий, испытывающих процессы размыва и аккумуляции. На участках приращения суши развиваются сукцессии зарастания с формированием травяных, кустарниковых сообществ и древостоев из мелколиственных пород (особенно осины). На преобладающих по площади участках размыва происходят резкие изменения напочвенного растительного покрова лесных, кустарниковых и болотных сообществ, вплоть до его полного уничтожения при засыпании песком. Древостои, в том числе черноольховые, также подвергаются воздействию абразии, но имеют большую устойчивость. Результаты исследований позволяют прогнозировать динамику и эволюцию ландшафтов западной части о-ва Котлин и планировать меры для предотвращения нежелательных береговых процессов и сохранения ценных природных комплексов Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: остров Котлин, Финский залив, динамика береговой линии, размыв, аккумуляция, постоянные пробные площадки, сукцессии зарастания, динамика ландшафтов.

Введение. Остров Котлин — крупнейший в Невской губе Финского залива. В его восточной части почти одновременно с Санкт-Петербургом была основана военно-морская крепость Кронштадт, вокруг которой вырос одноименный город — ныне район «большого» Петербурга. Западная часть острова оставалась менее освоенной, хотя в течение XIX—XX вв. здесь были возведены различные оборонительные сооружения. Ландшафты западной части о-ва Котлин, формирующиеся на песчаной равнине, возвышающейся над поверхностью моря не более чем на 2 м, отличаются разнообразием и активной динамикой. Это обусловлено, с одной стороны, значительными и разнообразными техногенными воздействиями, а с другой — береговыми процессами: абразией, аккумуляцией, перемещением наносов вдоль берегов, ветровым переносом и пр. Подвижная мозаика состояний ландшафтов, образующаяся в результате восстановительных сукцессий на нарушенных и искусственных поверхностях, а также первичных сукцессий на вновь намываемых побережьях и береговых валах, формирует неповторимый облик природы западной части острова. Интересно, что при такой подвижности ландшафтной структуры здесь сохранились природные комплексы, ранее весьма распространенные не только на острове, но и в дельте Невы (занятой центральными районами Санкт-Петербурга), а ныне почти исчезнувшие: низинные болота, черноольховые топи, приморские луга. Для сохранения этих природных комплексов в 2012 г. был создан государственный природный заказник «Западный Котлин» площадью 102 га.

Антропогенные воздействия на природу острова, имеющие более чем трехвековую историю, долгое время сводились к военной деятельности — созданию оборонительных сооружений и сопутствующей инфраструктуры; в последние десятилетия к ним прибавились рекреационные нагрузки. Эти воздействия достаточно подробно описаны в соответствующем разделе Атласа ООПТ Санкт-Петербурга [1]. Здесь мы рассмотрим преимущественно изменения ландшафтов, связанные с деятельностью моря.

Береговые процессы и изменение береговой линии. Активное развитие береговых процессов в восточной части Финского залива отмечается в настоящее время многими исследователями [8]. При этом берега о-ва Котлин, в особенности его западной части, — один из наиболее динамичных участков побережья рассматриваемой части Балтики. Сравнение современных очертаний береговой линии западной части острова с историческими данными, полученными из старых карт и дистанционных изображений, позволяет оценить направление и скорость этих изменений.

При сопоставлении германского разведывательного аэрофотоснимка (АФС) 1939 г. с космическими снимками (КС) 2005 и 2016 гг. путем компьютерного вычитания пикселей была получена следующая картина (рис. 1).

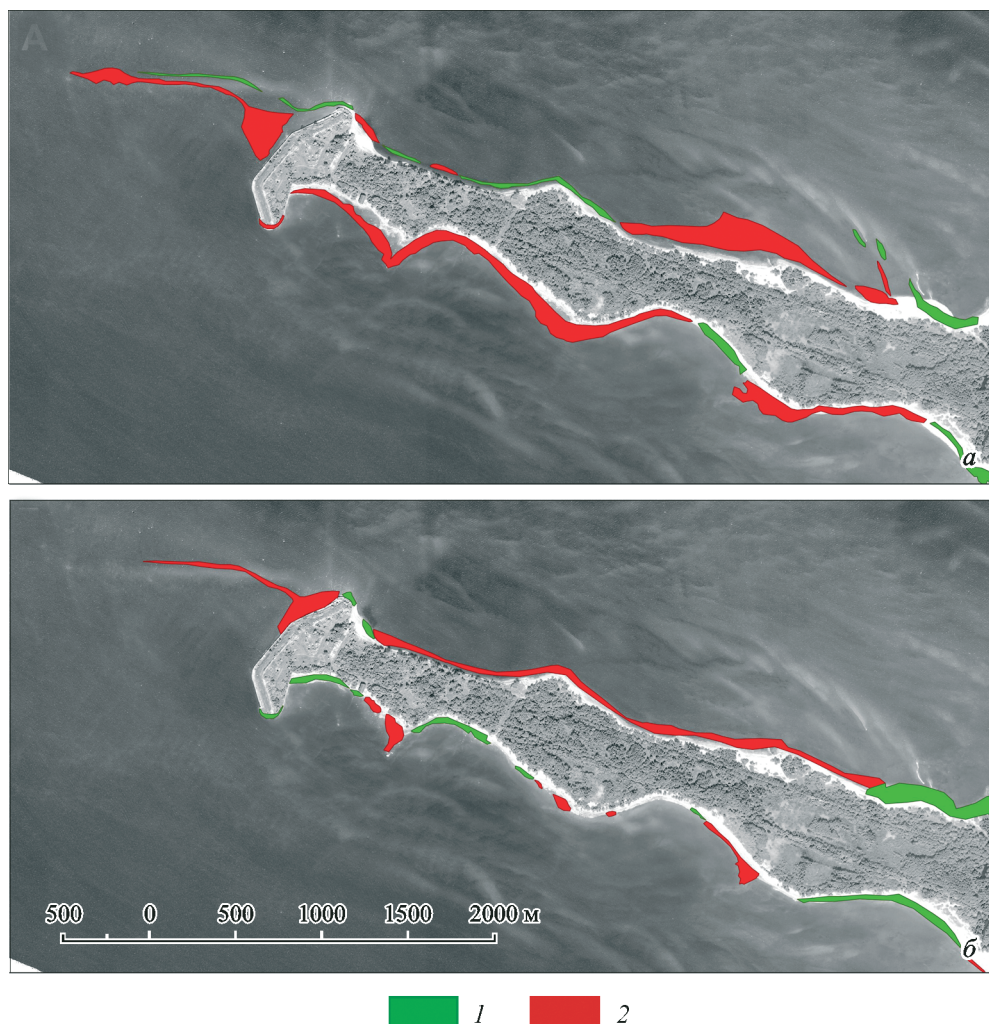


Рис. 1. Оценка суммарных площадей размыва и аккумуляции побережья западной части о. Котлин на основе использования результатов вычитания пикселей для разных пар снимков.

а — АФС 1939 г. и КС 2005 г. (временной интервал 66 лет), *б* — КС с датами съемки 02.07.2005 г. и 03.06.2016 г. (интервал 11 лет). 1 — участки аккумуляции; 2 — участки размыва.

Из приведенных в табл. 1 величин аккумуляции и размыва (абразии) за соответствующие периоды следует, что в течение последнего десятилетия средняя скорость абразии существенно (более чем в 2.5 раза) возросла. Однако за счет того что возросла также и скорость аккумуляции размываемого материала в исследуемом районе, средняя скорость общего уменьшения площади суши (потерь территории) осталась примерно на том же уровне.

Ускорение размыва побережья обусловлено комплексом причин. Межгодовой ход уровня моря в Кронштадте за 1835—2007 гг. [3] показывает наличие однонаправленного линейного тренда повышения уровня моря со скоростью 0.56 мм/год (рис. 2). При этом отчетливо выделяются длительный период (1836—1945 гг.), когда тренд отсутствовал, и период после 1946 г.,

Таблица 1

**Суммарные и среднегодовые площади аккумуляции
и размыва побережья западной части о-ва Котлин
по результатам обработки АФС 1939 г. и КС 2005 и 2016 гг. (м²)**

Процесс	Период времени			
	1939—2005 (66 лет)		2005—2016 (11 лет)	
	Всего	В год	Всего	В год
Аккумуляция	26037	395	35094	3190
Размыв (абразия)	113944	1720	50289	4572
Уменьшение площади суши (размыв минус аккумуляция)	87457	1325	15195	1381

когда уровень стал достаточно интенсивно подниматься со скоростью 1.9 мм/год. Другим важным фактором интенсификации абразионных процессов является увеличение частоты метеорологических ситуаций, способствующих экстремальным размывам берегов, которые происходят, по данным наблюдений, при сочетании трех факторов: подъем уровня воды выше 200 см над ординаром, штормовые ветры западного, северо-западного и юго-западного направлений и отсутствие ледового покрова. В XX в. такие ситуации наблюдались в среднем один раз за 25 лет [2]. По данным наблюдений с 2004 г., резкие размывы берегов восточной части Финского залива формировались в осенне-зимние периоды 2006—2007, 2011, 2013 и 2015 гг. Отсутствие защитного ледяного покрова вдоль берега как следствие положительных температурных аномалий, наряду с увеличением количества наводнений, приходящихся на декабрь—январь, создало условия для ранее не наблюдавшихся экстремальных размывов пляжей и авантюн [7].

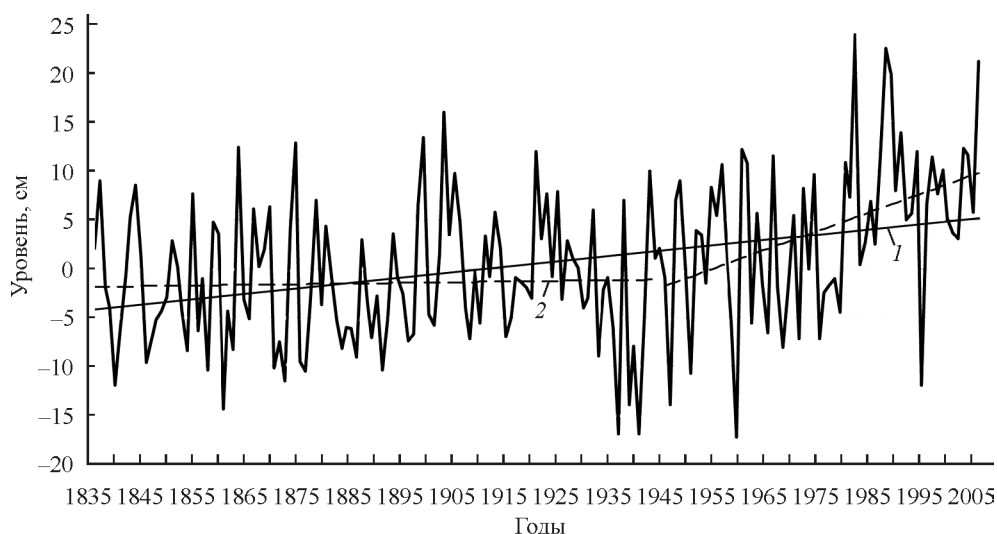


Рис. 2. Межгодовой ход уровня моря в Кронштадте в период 1835—2007 гг. (по [3]).

1 — общий тренд, 2 — тренды по периодам.

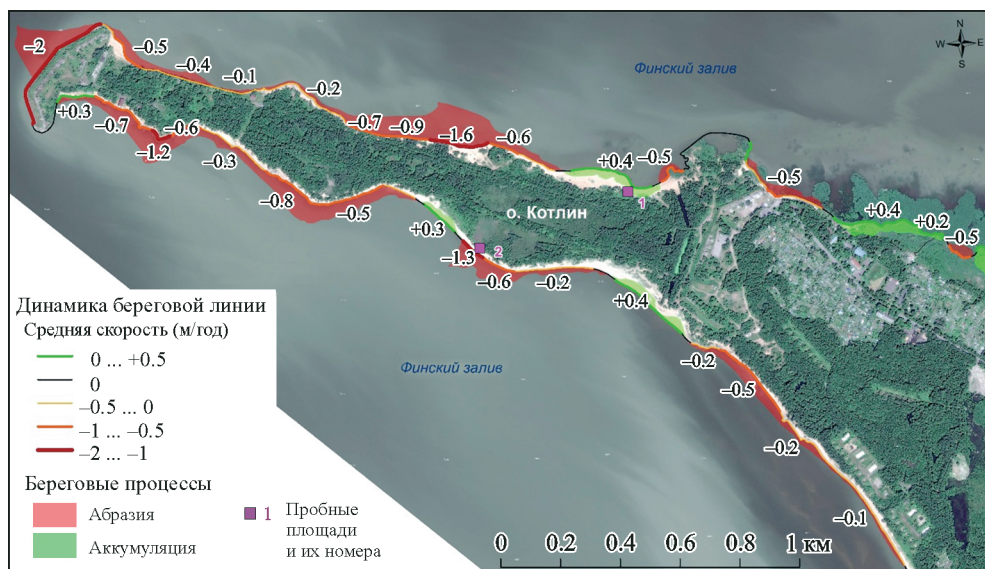


Рис. 3. Схема динамики берегов западной части о. Котлин по данным дистанционного зондирования (использован КС от 02.07.2015 г. с портала maps.yandex.ru).

Пояснения к обозначениям постоянных пробных площадей см. в тексте.

Наконец, еще одним фактором усиления размывов западного побережья о-ва Котлин стало воздействие Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС), заключающееся в дополнительном повышении уровня воды на внешних створах КЗС, которое, по модельным оценкам, может составить до 27 см [5].

По данным наших расчетов, средние скорости отступления берегов местами, особенно на мысах, за 1939—2015 гг. достигали 2 м/год (рис. 3).

Скорость размыва западной оконечности Котлинской косы в длительной ретроспективе, возможно, была еще больше. Если наложить тот же снимок на первую доступную нам крупномасштабную топографическую карту о-ва Котлин 1831 г. [9], то мы увидим, что западнее нынешнего форта «Риф» (на карте в этом месте обозначен «Шанц Екатерины») сплошная коса протягивалась еще примерно на 1400 м и еще на 700 м — цепочка островов, представлявшая собой, по-видимому, остатки ранее размывтой косы (рис. 4). Ничего этого в настоящее время не существует. Таким образом, если даже считать по сплошной суше, мы получим скорости абразии порядка 7—8 м/год, а с островами — 12 м/год.

Если отступить еще на столетие, то в 1718 г. Петр I в письме вице-адмиралу Корнелию Крюйсу писал: «...сделать колм каменный с фонарём на косе Котлинской» (цит. по: [6]; выделено авт.). Речь идет о Толбухинском маяке, который в настоящее время находится примерно в 5 км западнее форта Риф, а в то время, как следует из текста, находился на косе. Размыв за почти 300 лет 5-километровой косы не представляется столь уж фантастическим, так как дает сравнимые цифры скорости — примерно 16 м/год.

Можно предположить, что только строительство бетонных сооружений форта «Риф» в начале XX в. остановило стремительный размыв западной оконечности острова, который в противном случае к настоящему времени заканчивался бы где-нибудь чуть западнее форта «Шанц».

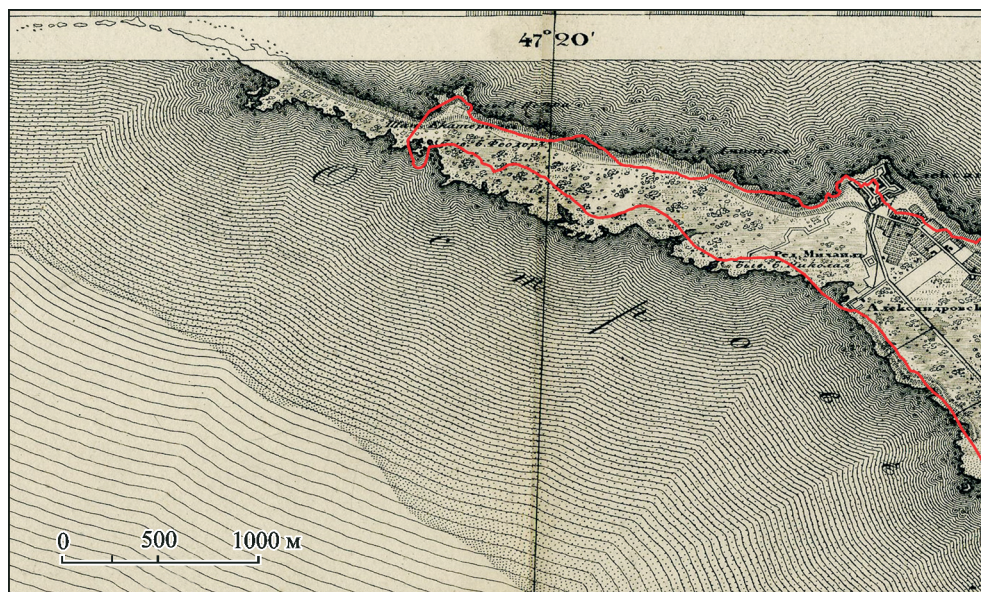


Рис. 4. Наложение современной береговой линии западной части о. Котлин на карту 1831 г. [5].

Динамика береговых ландшафтов. В 2012 г. на о-ве Котлин, в пределах заказника регионального значения «Западный Котлин», заложено две постоянные пробные площади (ППП) (по 800 м²) для мониторинга динамики береговых ландшафтов. ППП 1 располагается на участке аккумуляции северного побережья, ППП 2 — на абразионном участке южного побережья острова (рис. 3). Растительность на ППП (черноольшаники, формирующиеся осинники, приморские травяные сообщества) наиболее характерна для территории заказника. Все прибрежные территории в теплое время года активно используются для рекреации (как песчаные пляжи), но после введения режима ООПТ в 2012 г. рекреационные нагрузки снизились за счет прекращения доступа автомашин к побережью. В состав наблюдений, кроме детальной фиксации флористического состава и структуры растительности, сплошной таксации древостоя, подроста и подлеска, входят наблюдения за абразионными и аккумулятивными процессами на системе реперов [4]. Углы ППП обозначены на местности с помощью металлических столбов. Наблюдения проводятся 1 раз в 2 года. Далее рассмотрены основные результаты исследований на ППП за период 2012—2016 гг.

При закладке ППП 1 ее северная сторона совпадала с урезом воды Финского залива в 2012 г.; превышение современного берегового вала над урезом воды составляло около 1.5 м. За период 2012—2016 гг. к северу от ППП образовались песчаные косы и мелководье, которое активно зарастает камышом (*Schoenoplectus lacustris*)¹ (рис. 5).

По данным измерений на реперах, за 4 года аккумуляция песка в северной части ППП составила около 1 м по вертикали, причем в северо-восточной части накопление произошло за последние 2 года.

¹ Латинские названия растений приводятся по [10].



Рис. 5. Песчаные косы и зарастающее камышом мелководье в районе ППП 1, образовавшиеся в последние годы (съемка 9.09.2016 г.). Фото В. Н. Храмцова.

Красные точки обозначают углы северной стороны ППП.

Растительный покров пробной площади представлен рядом растительных сообществ и их фрагментов, характерных для песчаных побережий о-ва Котлин. Сразу за полосой песчаного пляжа на склоне берегового вала, обращенного к морю, произрастают волоснецовые (*Leymus arenarius*) и чиново(*Lathyrus maritimus*)-волоснецовые псаммофитные сообщества. На склоне берегового вала, обращенном вглубь острова, представлены ветвико-волоснецовые, а за валом — ветвиковые сообщества (с *Calamagrostis meinshausenii* и другими злаками). Далее, в понижении, господствуют заросли малины (*Rubus idaeus*), переходящие в молодой осинник (*Populus tremula*) (рис. 6).

Подрост осины в южной части ППП активно переходит в древостой. В 2012 г. было зафиксировано одно дерево осины, в 2016 г. — 11 деревьев диаметром до 8 см и высотой до 10,5 м, почти все в хорошем состоянии. Количество подроста, представленного исключительно осинкой, почти не изменилось и составляло около 1 тыс. шт./га. Основная часть высокого (более 3 м) подроста осины в течение 2014—2016 гг. усохла вследствие конкуренции.

Подлесок на ППП представлен черемухой (*Padus avium*), ивой филиколистной (*Salix phylicifolia*), шиповником морщинистым (*Rosa rugosa*); к 2016 г. полностью исчезла рябина (*Sorbus aucuparia*). Численность кустов шиповника постоянно возрастает. Сплошной ярус образует только малина; местами ее проективное покрытие достигает 100 %. Малина к 2016 г. частично вытеснила группировку ветвика.



Рис. 6. Вид сверху на ППП 1, 19.09.2016 г. Фото В. Н. Храмцова.

Сообщества: *а* — волоснецовые, *б* — чиново-волоснецовые, *в* — ветвиновые, *г* — малиновые, *д* — осинник. Красные точки поставлены около угловых столбов.

Все сообщества, представленные на ППП, маловидовые. За 4 года наблюдений увеличилось число и проективное покрытие луговых видов, заметно сократилось покрытие иван-чая (*Chamaenerion angustifolium*). Число видов приморско-псаммофильной группы остается неизменным, тогда как их проективное покрытие колеблется в разные годы (рис. 7).

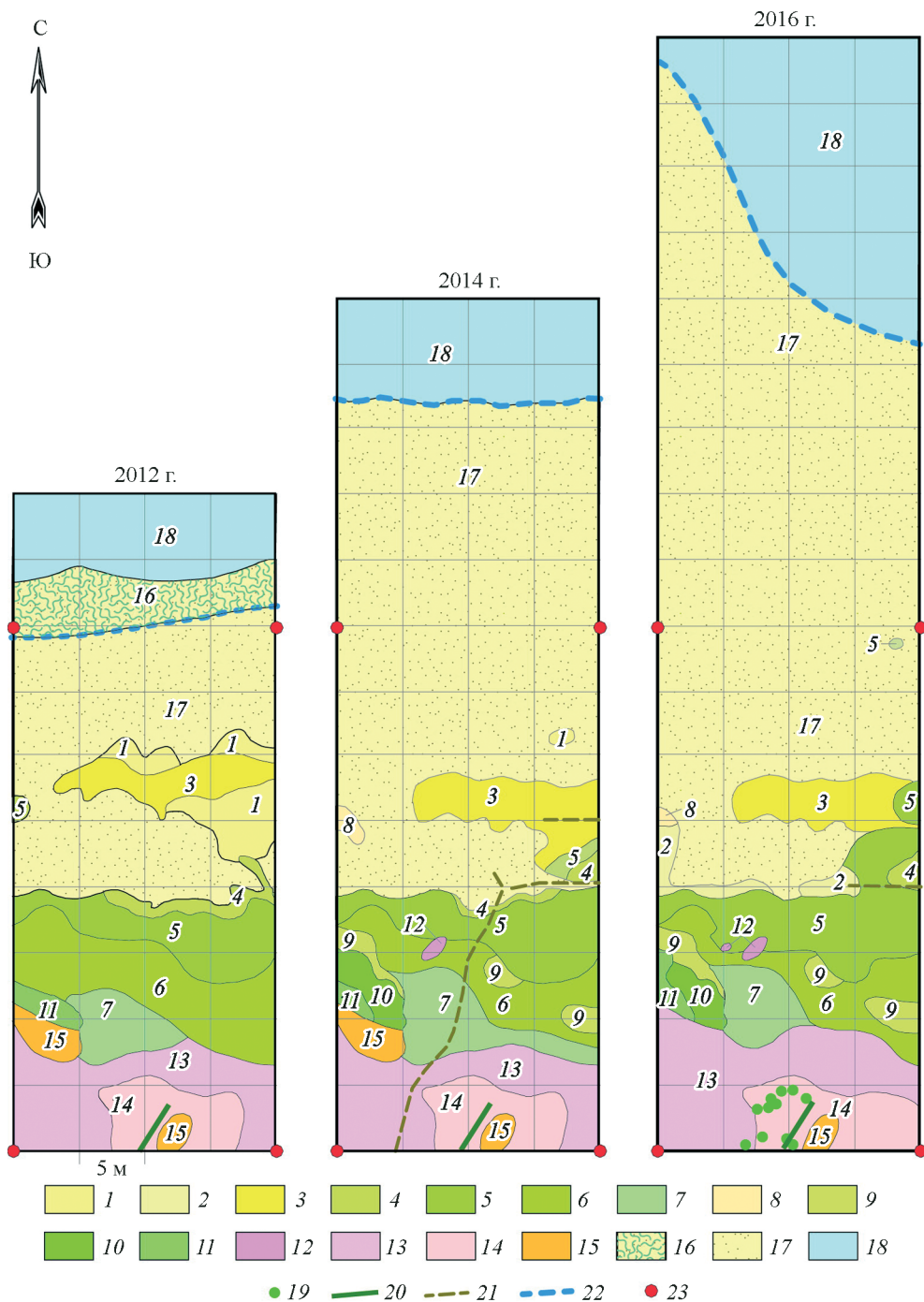


Рис. 7. Горизонтальная структура растительного покрова на ППП 1 в 2012, 2014 и 2016 гг.

Разреженные группировки: 1 — волоснецовая, 2 — чиновая; сообщества: 3 — волоснецовое, 4 — чиновое, 5 — чиново-волоснецовое, 6 — вейниково-волоснецовое, 7 — вейниковое, 8 — пижмово-чиновое, 9 — пижмово-злаковое (вейник, пырей ползучий, волоснец), 10 — злаковое (полевица тонкая, вейник, пырей, волоснец), 11 — иванчаево-вейниковое, 12 — куртина шиповника морщинистого, 13 — малиновое, 14 — малиновое с подростом и древостоем осины, 15 — куртина ивы филиколистной, 16 — намыв водорослей; 17 — песок; 18 — акватория Финского залива; 19 — осина (молодые деревья); 20 — валежник ивы; 21 — тропа; 22 — урез воды; 23 — столбы, установленные в 2012 г. по углам пробной площади. Сторона квадрата сетки равна 5 м.

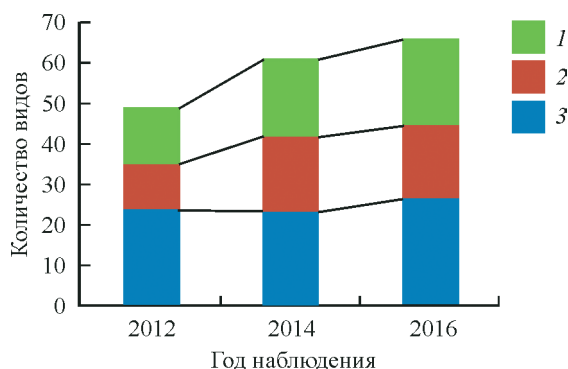


Рис. 8. Количество видов растений разных систематических групп на ППП 1 в годы наблюдений.

1 — лишайники, 2 — мохообразные, 3 — сосудистые.

В сообществах южного склона берегового вала с формирующимся древостоем осины развивается моховой покров, в котором преобладают *Sciuro-hypnum oedipodium*, *Plagiomnium cuspidatum*, *P. ellipticum*, *Brachythecium salebrosum*, *Brachytheciastrum velutinum*. Комли молодых осин, а также гниющая древесина выпавших деревьев создают субстрат для новых видов мхов и лишайников.¹

Всего за период наблюдений на ППП зарегистрировано 32 вида сосудистых растений. Общее количество видов растений (сосудистых, мохообразных, лишайников) возрастает (рис. 8). Обновление флоры к 2016 г. в сравнении с 2012 г. составило для сосудистых растений 21 %, мохообразных — 127, лишайников — 57 %.²

Анализ данных мониторинга за 4 года демонстрирует развитие процессов аккумуляции песчаного материала в северной части ППП и закрепление поверхности современного берегового вала формирующимся осиновым древостоем в южной части площади. Флора сообществ существенно изменяется (особенно мохообразных), что связано с образованием молодого осинника и новых субстратов. Почвообразование на ППП находится в начальной стадии; под наиболее плотным травяным покровом имеются признаки формирования маломощного (около 3 см) перегнойного горизонта.

ППП 2 заложена так, чтобы ее южная сторона соответствовала среднему положению уреза воды Финского залива. Береговой вал имеет выположенную поверхность и превышение над средним уровнем моря до 1.5 м, ширина вала 20—25 м, в южной части он переходит в пологонаклонный размываемый пляж. На ППП развит древостой с преобладанием черной ольхи (*Alnus glutinosa*) и небольшой примесью ивы ломкой (*Salix fragilis*), ивы пятитычин-

¹ Состав мохообразных на ППП изучали Л. Е. Курбатова, Э. Г. Гинзбург, флору лишайников — Д. Е. Гимельбрант, И. С. Степанчикова.

² Обновление флоры за определенный период времени рассчитывалось по формуле:

$$Fn = (Sn + Sd) / S_1 \times 100,$$

где Fn — обновление первоначального флористического списка (%), Sn — число новых видов, Sd — число исчезнувших видов, S₁ — число видов первичного флористического списка.



Рис. 9. Шторм 17 ноября 2013 г. на ППП 2. Фото В. Н. Храмцова.

ковой (*Salix pentandra*) и рябины. Преобладающий возраст черной ольхи 50—70 лет. Почва диагностирована как псаммозем; в профиле имеются 2 погребенных перегнойных горизонта мощностью 2—9 см на глубине до 40 см от поверхности.

В 2012 г. береговой вал в виде довольно крутого склона с несколькими песчаными «языками» переходил в переувлажненное межваловое понижение с формирующимся торфом. В результате сильных штормов осенью 2013 г. в северной части ППП поверхность сильно изменилась (рис. 9): северный склон берегового вала стал значительно более пологим и длинным, большая масса песка переместилась к северу и к 2016 г. засыпала все понижение. Языки песка прослеживаются к северу на 10—12 м от северной границы ППП, происходит засыпка прилегающего низинного ивово-черноольхового травяно-осокового болота.

По данным наблюдений за 4 года, по большинству реперов в южной («приморской») части ППП отмечен снос слоя песка мощностью 2—39 см, по двум реперам — аккумуляция песка, составившая 18—40 см за 2014—2016 гг. Один из угловых металлических столбов был, по-видимому, срезан при одном из нагонов льда, который повреждает кору деревьев, срезает кустарники и нарушает напочвенный покров.

У преобладающей по запасу (96 %) черной ольхи в 2016 г. 55 % живых деревьев имели ослабленное состояние, 43 % — сильно ослабленное и 2 % — усыхающее; доля сильно ослабленных деревьев за период наблюдений несколько увеличилась, что связано в основном с влиянием волноприбойной деятельности и подвижками льда. В примыкающей к берегу части ППП корневые системы деревьев черной ольхи обнажены, стволы деревьев кривые, часто наклонены; в нижней части стволов и на корнях — многочисленные

Таблица 2

Характеристика живого древостоя и подроста на ППП 2 в 2012—2016 гг.

Показатель	Годы			Изменение за 2012—2016 гг.	
	2012	2014	2016	Абс.	%
Число деревьев на пробной площади	84	78	75	−9.0	−11
Средняя высота деревьев, м	8.4	8.8	9.3	0.9	11
Средний диаметр деревьев, см	16.7	17.6	18.8	2.1	13
Запас древостоя, м ³ /га	114.1	128.3	134.0	19.9	17.4
Количество подроста, превышающего по высоте 10 см, тыс. шт./га	1.8	1.6	1.3	−0.5	−28

повреждения от деятельности волн. В северной части ППП корневые шейки большинства деревьев, наоборот, засыпаны песком. За 4 года (2012—2016) из древостоя выпало 9 деревьев; общий запас древостоя тем не менее увеличился на 17 % (табл. 2). Девять экземпляров сухостоя и усыхающих деревьев, зафиксированных в 2014 г., в последующие два года были унесены водами Финского залива.

Количество подроста на ППП за 4 года наблюдений уменьшилось почти на треть (табл. 2). В подросте абсолютно преобладает осина, усыхание которой произошло в основном из-за засыпания песком. Под влиянием надува песка почти все особи осины наклонены в сторону от побережья залива, в том числе под углом до 60° к поверхности. Ни один экземпляр подроста осины за период наблюдений не перешел в древостой, что резко отличается от процессов зарастания осиной северного побережья о-ва Котлин (см. выше).

Численность подлеска, который представлен рябиной, черемухой, крушиной (*Frangula alnus*), ивой филиколистной, сократилась за период наблюдений в 3 раза — также, по-видимому, из-за наносов песка и штормов.

На пробной площади в 2016 г. зарегистрировано 72 вида растений: 24 вида сосудистых (5 видов деревьев, 5 видов кустарников и 14 видов трав), 4 вида мха и 44 вида лишайников. Флора сосудистых растений сократилась на 18 видов по сравнению с 2014 г. и на 27 видов по сравнению с 2012 г. Обновление флоры сосудистых к 2016 г. по сравнению с 2012 г. составило 35 %. Состав мохообразных немногочислен (3—4 вида) и обновился за 4 года на 200 %. Существенные изменения в составе флоры связаны с засыпанием песком и волновым воздействием Финского залива. Видовой состав лишайников пробной площади, среди которых абсолютно преобладают эпифиты, не претерпел значительных изменений: обновление флоры к 2016 г. по сравнению с 2012 г. составило всего 15 % (рис. 10).

В 2012 г. растительность ППП была представлена сочетанием сообществ: черноольшаника малинового, черноольшаника без покрова и фрагмента низинного травяно-осокового болота с ивами и черной ольхой. В травяном покрове всех сообществ произошли существенные изменения, вызванные осенними штормами 2013 г., в результате которых произошел перенос песка и перекрытие им большой площади низины, находящейся за береговым валом. Участок травяно-осокового низинного болота с ивами, находящегося

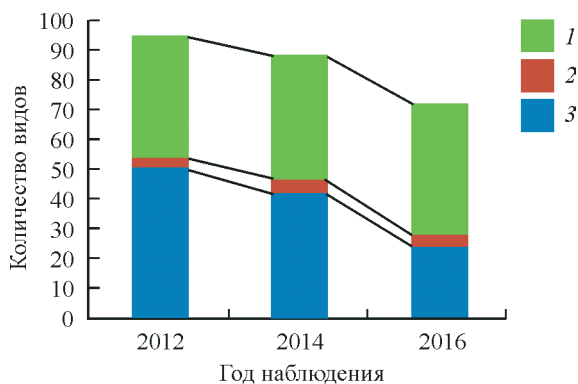


Рис. 10. Количество видов растений разных систематических групп на ППП 2 в годы наблюдений.

1 — лишайники, 2 — мохообразные, 3 — сосудистые.



Рис. 11. Занесенная песком северная часть ППП 2. Июнь 2016 г. Фото В. Н. Храмцова.

в пределах пробной площади, оказался почти полностью погребенным под слоем песка. Таким же образом исчезло и сорнотравное сообщество, образовавшееся на обильных морских наносах на северном склоне берегового вала. В связи с этим сократилось количество и проективное покрытие видов болотно-лугово-лесной и сорно-нитрофильной эколого-ценотических групп.¹ На

¹ Эколого-ценотическая группа — группа сопряженных видов растений, встречающихся в типологически близких растительных сообществах и имеющих сходную экологическую приуроченность.

Таблица 3

**Число видов сосудистых растений и их проективное покрытие
в разных эколого-ценотических группах на ППП 2 в годы наблюдений**

Экологоценотическая группа	Число видов			Проективное покрытие, %		
	2012 г.	2014 г.	2016 г.	2012 г.	2014 г.	2016 г.
Болотно-лугово-лесная	11	6	3	23	16	+
Приморско-псаммофильная	2	4	4	+	+	+
Прибрежно-луговая	4	4	2	+	4.1	+
Сорно-рудеральная	4	4	2	+	+	+
Луговая	2	3	2	4	2.4	+
Прибрежно-болотная	4	3	1	45	37.7	+
Сорно-нитрофильная	6	2	—	50	2.8	—
Опушечно-луговая	—	1	—	—	5.5	—
Опушечно-лесная	2	1	—	+	+	—
Болотно-лесная	—	1	—	—	+	—
Болотная	1	1	—	+	+	—
Лесная	2	—	—	+	—	—
Лугово-болотная	2	—	—	+	—	—

Примечание. + — проективное покрытие <1 %.

новых песчаных наносах появились группировки хвоща полевого (*Equisetum arvense*) и единичные экземпляры тростника (*Phragmites australis*) и малины. На песчаном пляже увеличилась площадь тростникового сообщества. Наименьшие изменения произошли на гребне берегового вала: несколько уменьшились по площади заросли малины и появилось небольшое пятно иван-чая.

В результате сильных штормов 2014—2016 гг., переноса и отложения мощного слоя песка полностью исчез травяной покров, а также заросли малины и отдельные кусты шиповника морщинистого. Весной 2016 г. на всей ППП напочвенный растительный покров отсутствовал (рис. 11). Летом 2016 г. наблюдалось отрастание малины и шиповника, в прибрежной части отмечены небольшие группировки тростника и гонкении бутерлаковидной (*Honckenia peploides*), на валу и в засыпанной песком низине — единичные группировки хвоща полевого и вейника седеющего (*Calamagrostis canescens*). Изменение состава и горизонтальной структуры растительности на пробной площади за 4 года наблюдений представлено в табл. 3 и на рис. 12.

За это время в результате процессов размыва южного побережья о-ва Котлин на пробной площади полностью уничтожен напочвенный покров, про-

Рис. 12. Горизонтальная структура растительного покрова на ППП 2 в 2012, 2014 и 2016 гг.

Сообщества: 1 — тростниковое, 2 — гонкениевое, 3 — хвощовое (*Equisetum arvense*) разреженное, 4 — хвощово-разнотравное, 5 — малиновое, 6 — крапивно-малиновое, 7 — кострцово-малиновое, 8 — пырейно-кострцовое, 9 — шиповниковое, 10 — сорнотравное, 11 — иванчаевое, 12 — вейниковое (*Calamagrostis canescens*), 13 — осоковое; 14 — морские выбросы; 15 — песок с разреженными особями растений; 16 — песок. Деревья: 17 — ольха черная, 18 — ива пятилистничковая, 19 — ива ломкая, 20 — рябина; 21 — сухостой ольхи черной; 22 — сухостой рябины; 23 — пень ольхи черной; 24 — валежник ольхи черной; 25 — угловой столб. Сторона квадрата сетки равна 5 м.



должается повреждение древостоя черной ольхи, который тем не менее наращивает свой запас. Происходит изменение береговых форм рельефа и формирующихся на них природных комплексов: береговые валы из переносимого волнами и отчасти ветром песка сдвигаются к северу и засыпают существовавшие раньше заболоченные межваловые понижения.

Выводы

Проведенный анализ разновременных материалов дистанционного зондирования о-ва Котлин показывает, что это один из наиболее динамичных участков береговой зоны в восточной части Финского залива. Размыв берегов, продолжающийся на протяжении последних 300 лет, практически полностью уничтожил западную часть острова. За период с 1939 по 2015 г. средняя линейная скорость отступления берегов достигала 2 м/год. Средняя скорость размыва территории за период 1939—2005 гг. составила 1720 м²/год, а за период 2005—2016 гг. — 4572 м²/год. Средняя скорость убывания площади суши за период 1939—2016 гг. составила около 1350 м²/год. Оценки скорости линейной абразии острова по историческим картам и другим свидетельствам дают величины 12 м/год с начала XIX в. и 16 м/год с начала XVIII в.

Существенное (более чем в 2.5 раза) увеличение темпов размыва берегов в последнее десятилетие по сравнению со второй половиной XX в. может быть объяснено увеличением частоты штормов, сопровождаемых нагонами в безледный осенне-зимний период [7]. Это явление требует дальнейшего изучения.

Наблюдения на постоянных пробных площадях в пределах заказника «Западный Котлин», проводимые с 2012 г., позволили получить данные о динамике ландшафтов на участках побережий, испытывающих процессы размыва (абразии) и аккумуляции. На участках приращения суши развиваются сукцессии зарастания с формированием травяных, кустарниковых сообществ и древостоев из мелколиственных пород (особенно осины). На преобладающих по площади участках размыва происходят резкие изменения почвенного растительного покрова лесных, кустарниковых и болотных сообществ, вплоть до его полного уничтожения при засыпании песком. Древостои, в том числе черноольховые, также подвергаются воздействию абразии, но имеют большую устойчивость.

Результаты исследований позволяют прогнозировать дальнейшую динамику и эволюцию ландшафтов западной части о-ва Котлин и планировать меры для предотвращения нежелательных береговых процессов и сохранения ценных природных комплексов Санкт-Петербурга.

Расчет динамики трансформации береговой зоны о-ва Котлин выполнен при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 17-77-20041). Исследования динамики растительного покрова, приведенные в данной статье, выполнены в рамках государственного задания согласно тематическому плану Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН по теме № АААА-А18-118031690042-9.

Список литературы

- [1] Атлас особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга / Отв. ред. В. Н. Храмцов, Т. В. Ковалева, Н. Ю. Нацваладзе. СПб., 2016 (2-е изд.). 176 с. (<https://www.binran.ru/science/publikatsii/monografii/>).
- [2] Барков Л. К. Литодинамические процессы в прибрежной зоне восточной части Финского залива от м. Лаутаранта до м. Дубовский // Изв. ВГО. 1991. Т. 123, вып. 1. С. 60—67.
- [3] Гордеева С. М., Малинин В. Н. Изменчивость морского уровня Финского залива. СПб.: РГГМУ, 2014. 180 с.
- [4] Исаченко Г. А., Волкова Е. А., Храмцов В. Н. Динамика лесных ландшафтов Санкт-Петербурга по данным мониторинга особо охраняемых природных территорий // Изв. РГО. 2018. Т. 150, вып. 1. С. 19—43.
- [5] Клеванный К. А., Аверкиев А. С. Влияние работы Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений на подъем уровня воды в восточной части Финского залива // Общество, среда, развитие. 2011. № 1. С. 204—209.
- [6] Николаева Т. Отшельцы моря // Ардис. 2007. № 4 (36). С. 71—75.
- [7] Рябчук Д. В., Колесов А. М., Сергеев А. Ю., Спиридонов М. А., Жамойда В. А., Чубаренко Б. В. Абразионные процессы в береговой зоне восточной части Финского залива и их связь с многолетними трендами режимобразующих факторов // Геоморфология. 2012. № 4. С. 99—105.
- [8] Спиридонов М. А., Рябчук Д. В., Орвику К. К., Сухачева Л. Л., Нестерова Е. Н., Жамойда В. А. Изменение береговой зоны восточной части Финского залива под воздействием природных и антропогенных факторов // Региональная геология и металлогения. 2010. № 41. С. 107—118.
- [9] Топографическая карта окрестностей С.-Петербурга, снятая под руководством ген.-лейт. Ф. Ф. Шуберта и гравированная при военно-топографическом депо. Масштаб 1 верста в дюйме (~1 : 42 000). 1831.
- [10] Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб.: Изд-во СПб. хим.-фарм. академии, 2000. 781 с.

Поступило в редакцию
12 марта 2018 г.

Contemporary dynamics of the coastal landscapes of Kotlin Island (Gulf of Finland)

© E. A. Volkova,*¹ G. A. Isachenko,**² A. I. Reznikov,**³ D. V. Ryabchuk,***⁴
A. Yu. Sergeev,***⁵ V. N. Khramtsov,*⁶ N. B. Ostanin****⁷

* Komarov Botanical Institute RAS, Saint Petersburg

** Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

*** A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint Petersburg

**** State company «Mineral», Saint Petersburg

E-mail: ¹evolkova305@gmail.com

²greg.isachenko@gmail.com

³ar1725-2@mail.ru

⁴Daria_Ryabchuk@mail.ru

⁵Leon_likes@mail.ru

⁶vteberda@gmail.com

⁷nikifor.ostanin@yandex.ru

The article presents the results of the study of dynamics of the coastline of the western part of Kotlin Island, where in the early XVIII century naval fortress Kronstadt (now the district of St. Petersburg) has been founded. Over the past 300 years, the Western part of the island has been dominated by abrasion (scour) processes. According to the comparison of multi-temporal aerial and satellite images, the average rate of abrasion of the territory for the period of 1939—2005 is estimated at 1720 m² per year, and for the period of 2005—2016 is estimated at 4572 m² per year. The rate of linear abrasion of the island, calculated using historical maps and other evidence, estimated at 12 m per year from the beginning of the XIX century and 16 m per year since the beginning of the XVIII century. A significant (more than 2.5 times) increase in the rate of abrasion of the coast in the last decade compared to the second half of the XX century can be explained by the increase in the number of storms, with surge in ice-free autumn-winter period.

Observations on the permanent key plots in the natural protected area «West Kotlin», carried out since 2012, allowed to study the processes of landscape dynamics in coastal areas subjected to the processes of abrasion and accumulation. On the areas with land increase, overgrowing successions take place with the formation of grass, shrub communities and stands of small-leaved trees (especially aspen). At the prevailing areas of abrasion occur abrupt changes in ground vegetation cover of forest, shrub and bog communities, until its destruction by being covered by sand. Forest stands, including black alder (*Alnus glutinosa*) groves, are also exposed to abrasion but have a much higher sustainability. The results of the research allow predicting the dynamics and evolution of landscapes in the western part of Kotlin Island and planning measures to prevent unwanted coastal processes and preserve the valuable natural territorial complexes of St. Petersburg.

Key words: Kotlin Island, Gulf of Finland, coastline dynamics, abrasion, accumulation, permanent key plots, succession of vegetation, landscape dynamics.

References

- [1] Atlas osobo ohranjaemyh prirodnih territorij Sankt-Peterburga / Otv. red. V. N. Khramtsov, T. V. Kovaleva, N. Ju. Natsvaladze. SPb., 2016 (2-e izd.). 176 s. (<https://www.binran.ru/science/publikatsii/monografii/>).
- [2] Barkov L. K. Litodinamicheskie processy v pribrezhnoj zone vostochnoj chasti Finskogo zaliva ot m. Lautaranta do m. Dubovskij // Izv. VGO. 1991. T. 123, vyp.1. S. 60—67.
- [3] Gordeeva S. M., Malinin V. N. Izmenchivost' morskogo urovnja Finskogo zaliva. SPb.: RGGMU, 2014. 180 s.
- [4] Isachenko G. A., Volkova E. A., Khramtsov V. N. Dinamika lesnyh landshaftov Sankt-Peterburga po dannym monitoringa osobo ohranjaemyh prirodnih territorij // Izv. RGO. 2018. T. 150, vyp. 1. S. 19—43.
- [5] Klevannyj K. A., Averkiev A. S. Vlijanie raboty Kompleksa zashhitnyh sooruzhenij Sankt-Peterburga ot navodnenij na pod'em urovnja vody v vostochnoj chasti Finskogo zaliva // Obshchestvo, sreda, razvitie. 2011. N 1. S. 204—209.

- [6] Nikolaeva T. Otshel'cy morja // Ardis. 2007. N 4 (36). S. 71—75.
- [7] Rjabchuk D. V., Kolesov A. M., Sergeev A. Yu., Spiridonov M. A., Zhamojda V. A., Chubarenko B. V. Abrazionnye processy v beregovoj zone vostochnoj chasti Finskogo zaliva i ih svjaz' s mnogoletnimi trendami rezhimoobrazujushhih faktorov // Geomorfologija. 2012. N 4. S. 99—105.
- [8] Spiridonov M. A., Rjabchuk D. V., Orviku K. K., Suhacheva L. L., Nesterova E. N., Zhamojda V. A. Izmenenie beregovoj zony vostochnoj chasti Finskogo zaliva pod vozdejstviem prirodnyh i antropogennyh faktorov // Regional'naja geologija i metallogeniya. 2010. N 41. S. 107—118.
- [9] Topograficheskaja karta okrestnostej S.-Peterburga, snjataya pod rukovodstvom gen.-lejt. F. F. Shuberta i gravirovannaja pri voenno-topograficheskom depo. Mashtab 1 versta v djujme (~1 : 42 000). 1831.
- [10] Tsvelev N. N. Opredelitel' sosudistyh rastenij Severo-Zapadnoj Rossii (Leningradskaja, Pskovskaja i Novgorodskaja oblasti). SPb.: Izd-vo SPb. him.-farm. akademii, 2000. 781 s.

Изв. РГО. 2018. Т. 150, вып. 3

ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА ХОККАЙДО (ЯПОНИЯ)

© А. И. БАНЧЕВА

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва
E-mail: ban-sai@mail.ru

Рассматривается современная ландшафтная структура юго-западной части о-ва Хоккайдо (Япония) — п-ова Осима. Для объекта исследования впервые выполнено ландшафтное картографирование (масштаб 1: 1 000 000), где картографируемой единицей выступает группа видов ландшафтов по классификации В. А. Николаева. Выделено пять подклассов, одиннадцать типов, девять родов и шестнадцать групп видов ландшафтов. Регион характеризуется большой долей лесных условно-коренных ландшафтов, сосредоточенных в предгорьях и низкогорьях полуострова. Наибольшие территории (20 % площади полуострова) занимают предгорья, сложенные зелеными туфами, в которых произрастают буковые леса с кленами во втором ярусе, подлеском и высоким травостоем на бурых лесных почвах, с участками лесных плантаций. Сельскохозяйственные ландшафты составляют около 10 % от площади полуострова.

Ключевые слова: современные ландшафты, Японские острова, ландшафтное картографирование, суббореальные ландшафты, региональные исследования, п-ов Осима.

Введение. Остров Хоккайдо — самый северный из островов Японии и ближайший к России. От Малой Курильской гряды он находится менее чем в 10 км, от о-ва Кунашир — в 17 км, от о-ва Сахалин — в 45 км. Расположен в умеренных широтах и омывается Японским и Охотскими морями и Тихим океаном. Площадь острова — 83.4 тыс. км², население — около 5.5 млн чел.

Изучение соседних с Россией территорий несомненно вызывает интерес. Так, о-в Хоккайдо как объект физико-географических исследований рассматривался, например, в трудах Д. Л. Арманда [2], А. И. Яунпутиния [14], И. П. Магидовича [8]. Сведения о ландшафтах острова можно найти в монографиях Н. Н. Алексеевой [1], А. Г. Исаченко и А. А. Шляпникова [6], на кар-