

Методика научных исследований

УДК 551.4.012:551.435.3 (470.2)

© 2019 г. В.М. АНОХИН^{1-3,*}, Д.С. ДУДАКОВА¹, М.О. ДУДАКОВ¹

ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ТИПИЗАЦИЯ БЕРЕГОВ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА ПО ДАННЫМ СЪЕМКИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

¹Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург, Россия²Санкт-Петербургский научный центр РАН, Санкт-Петербург, Россия³РГПУ имени А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: vladanokhin@yandex.ru

Поступила в редакцию 30.08.2016

После доработки 16.07.2018

Принята к печати 09.10.2018

Применение беспилотного летательного аппарата в полевых работах 2015 г. показало его высокую эффективность для изучения геоморфологического строения берегов Ладожского озера. Выявлен ряд морфологических особенностей нескольких районов, в т. ч. уточнено строение подводного склона на отмелях берегах, определены главные системы трещиноватости для кристаллических массивов северной части исследуемой территории. Составлена новая карта-схема типов берегов Ладожского озера. На северном фиардово-шхерном берегу преобладает абразия. Западный берег в основном аккумулятивный и абразионно-аккумулятивный. Сильно эвтрофицированный, на большом протяжении техногенный южный берег озера в существенной степени является заросшим пляжем. На восточном берегу прослеживается последовательная смена типов берегов при движении с юго-востока на северо-запад: песчаные пляжи сменяются валунными абразионно-аккумулятивными и далее фиардово-шхерными берегами.

Сочетание методов наземной и воздушной геоморфологической съемки с последующим обобщением результатов с данными космического зондирования — эффективное дополнение к методике геоморфологических исследований побережий.

Ключевые слова: Ладожское озеро, береговая зона, беспилотный летательный аппарат.

<https://doi.org/10.31857/S0435-42812019125-37>

GEOMORPHOLOGY AND TYPING OF THE LAKE LADOGA SHORES WITH THE USE OF DRON

V.M. ANOKHIN^{1-3,*}, D.S. DUDAKOVA¹, M.O. DUDAKOV¹¹Institute of limnology RAS, Saint-Petersburg, Russia²Saint-Petersburg scientific Center RAS, Saint-Petersburg, Russia³A.I. Gertsen State Pedagogical University, Saint-Petersburg, Russia

*E-mail: vladanokhin@yandex.ru

Received 30.08.2016

Revised 16.07.2018

Accepted 09.10.2018

S u m m a r y

The use of an unmanned aerial vehicle (UAV) with a photo-video camera in the shore of Lake Ladoga in 2015 showed its high efficiency for studying the geomorphology of the shores. A number of features of the

morphology of the Ladoga shores in several areas have been revealed, including: the structure of the submerged coastal slope on shallow banks has been refined; the main fracture systems for a number of crystalline massifs on the northern shore of the lake have been determined. A new map of the Ladoga Lake shores types was created. The integration of the method of terrestrial and aerial geomorphological surveys with subsequent generalization of the results to space survey data is an effective addition to the method of geomorphological studies of the coasts.

Keywords: Ladoga Lake, coastal zone, unmanned aerial vehicle.

Введение

Ладожское озеро, крупнейший пресноводный водоем Европы, служит главным источником воды для Санкт-Петербурга и ряда районов Ленинградской области и Республики Карелия. Это также уникальный природный объект, содержащий в себе серьезный потенциал развития Северо-Западного региона России. В числе факторов, влияющих на качество воды в озере и сохранение приемлемого состояния окружающей среды, одним из важнейших является морфология его берегов, что отмечается многими специалистами [1]. С середины XVIII в. изучением строения ладожских берегов занимались многие исследователи; результаты современных работ изложены в ряде публикаций [2–8 и др.]. Развитие технологий привело к радикальному обновлению средств и методических приемов геоморфологического изучения территорий, в том числе и береговых зон. В 2015 г. сотрудники Института озероведения РАН проводили на берегах Ладожского озера геолого-геоморфологические работы с применением воздушной съемки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

Объект и методика работ

Объектом исследования является активная [9, 10] береговая зона, ограниченная со стороны акватории глубинами 4–5 м, где с воздуха видно дно, а со стороны суши – полоса до нескольких десятков метров, где воздействие озерных процессов может быть заметно на снимках.

Полевые работы летом 2015 г. проводились вдоль всех доступных берегов с помощью маршрутной съемки с 33 станций наблюдения. На каждой производилось фотографирование берегов с земли и воздуха, иногда – с воды, описание рыхлых и коренных образований, измерение геометрии трещиноватости. Азимуты простираения трещин фиксировались с помощью компаса, на снимках – с применением соответствующей опции в программном обеспечении воздушной съемки. Распространение трещин обычно ограничивалось пределами изучаемого скального массива. В этих исследованиях к комплексу традиционных методов была добавлена аэровидеосъемка береговой зоны с помощью БПЛА DJI Phantom2 с камерой GoPro-3, разрешением от HD до 4K, изменяемым углом 0–120°. Съемка велась на трех высотах – 1–1.5 км, 600 м и 200 м – для получения снимков с различной степенью детализации. При обработке видео производилась нарезка фотографий в программах Media Player Classic или Splash PROEX с последующей обработкой в DXO Optics Pro для уменьшения геометрических искажений объектива. После этого фотографии привязывались в GIS Google Earth Pro в виде наложенного изображения. Полученный материал сопоставлялся с данными наземной фотосъемки и Google Earth.

Результаты

Составлена карта-схема типов берегов Ладожского озера. Использовались как данные авторов, так и материалы предшествующих работ. В частности, учитывалась

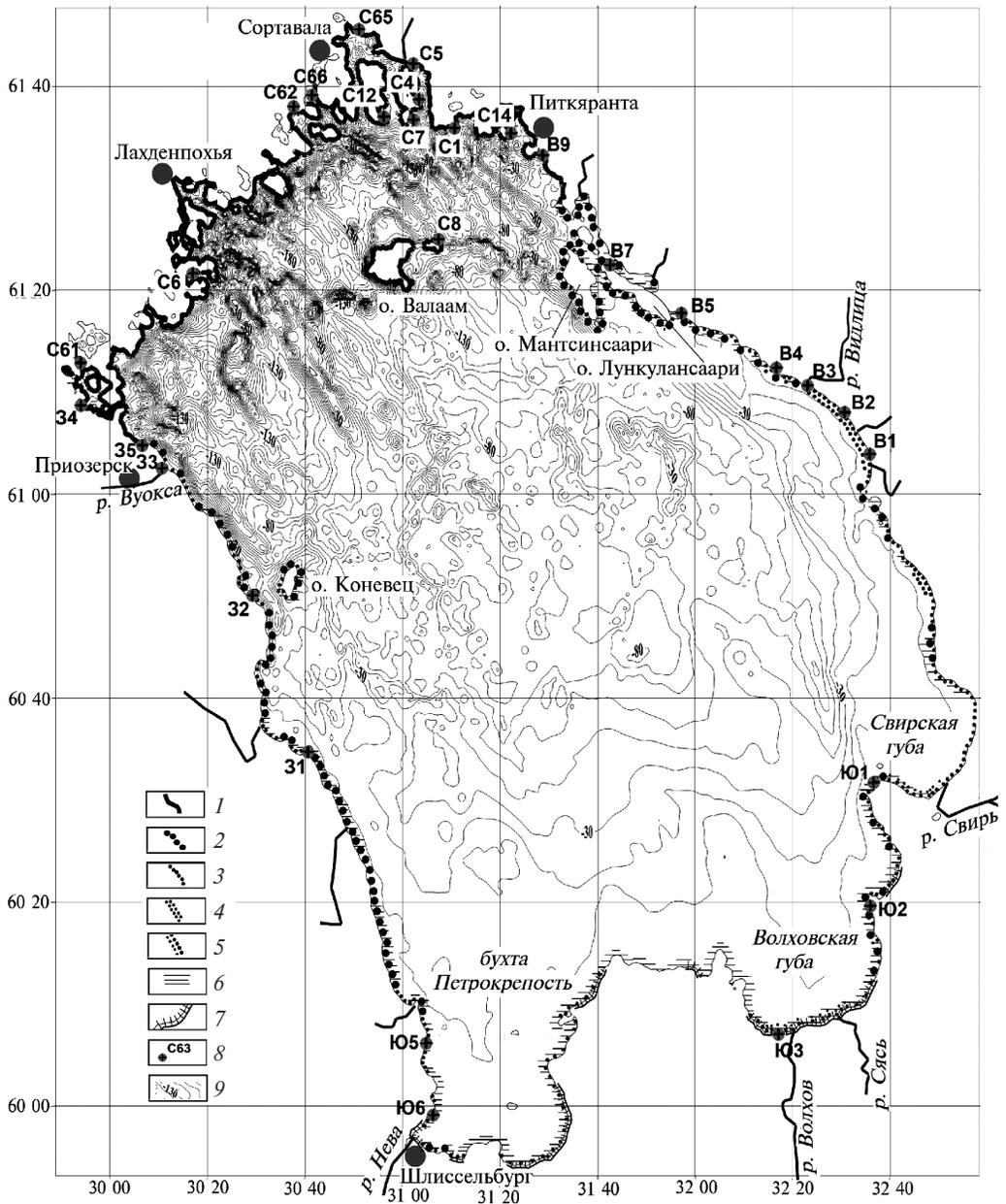


Рис. 1. Карта-схема типов берегов Ладожского озера (с использованием [12, 14])

Берега, мало измененные озерными процессами: 1 – с ледниково-тектоническим расчленением – фиардовые и шхерные; берега, существенно измененные озерными процессами: 2 – абразионно-аккумулятивные, сложенные существенно валунно-глыбовыми отложениями; аккумулятивные: 3 – созданные волновыми процессами, пляжевые, 4 – созданные волновыми и эоловыми процессами, пляжево-дюнные, 5 – созданные устьевыми процессами, дельтовые; 6 – эвтрофированные берега, 7 – техногенно-измененные берега, 8 – станции наблюдения и их номера, 9 – изобаты, м

геоморфологическая схема Е.Е. Мусатова, где выделены абразионные, аккумулятивные и техногенные берега [11]. Также были использованы схемы распределения донных отложений В.Л. Сергеевой [3], на которых (кроме прочего) обозначены береговые отложения, и подробные описания А.П. Алхименко, М.А. Спиридонова и В.Н. Рыбакина [4]. В результате синтеза данных появилась возможность более точной и подробной визуализации типов берегов, что и было реализовано в новой карте-схеме, на которой выделены 7 их разновидностей (рис. 1).

Исследуемая территория была разделена на северную (от г. Приозерска на западе до г. Питкяранта на востоке), восточную (от г. Питкяранта до северной границы Свирской губы), южную (от Свирской губы на востоке до западного замыкания бухты Петрокрепость) и западную (от бухты Петрокрепость до г. Приозерска) части. Основание для такого районирования заключается в очевидных морфологических различиях, присущих берегам этих районов.

Северный берег, сложенный в основном архейско-протерозойскими породами (мигматизированными и гнейсированными гранитоидами, кристаллическими сланцами, габброидами и пр.) – фиардово-шхерный (рис. 2а), характеризуется наличием узких заливов, далеко вдающихся в сушу (фиардов), и множеством шхер – островов различного размера. Прибрежные выходы кристаллических пород часто представлены “бараными лбами” – куполовидными выступами, удлиненными и изометричными в плане, разбитыми следующими системами трещин: 0° , 20° , 30° , 45° , 50° , 60° , 70° , 80° , 90° , 100° , 110° , 120° , 135° , 140° , 160° , 170° , т. е. фиксируется практически весь лимб (см. рис. 2к). Некоторые из трещин этих направлений, а именно 0° , 45° , 50° , 90° , 120° , 135° , видны на врезках к рис. 2(г–е), где показаны ориентированные наземные снимки трещиноватости. Измерялись азимуты вертикальных и крутопадающих трещин.

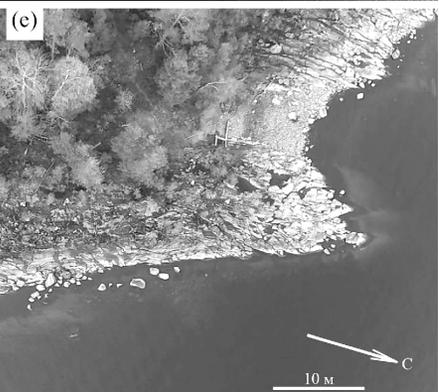
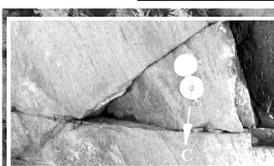
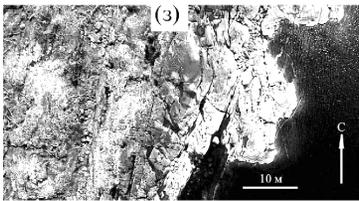
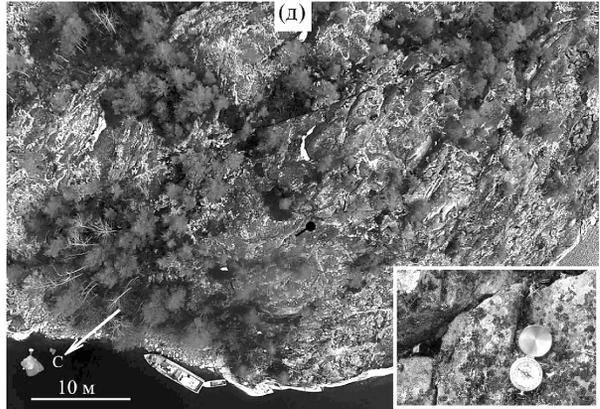
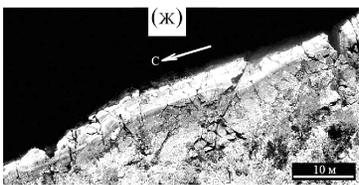
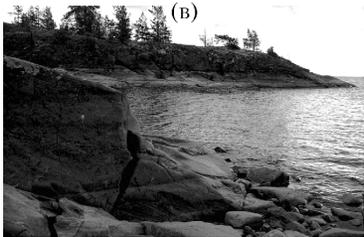
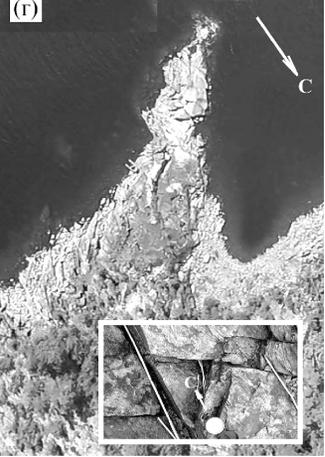
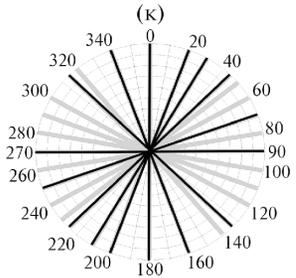
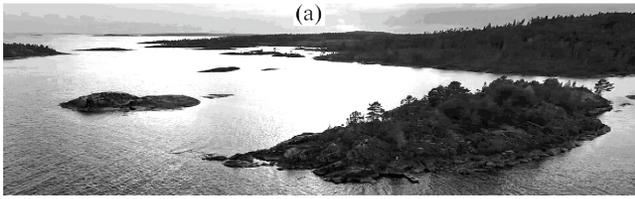
Развитие трещин с большим числом простираний говорит о том, что их часть, вероятно, имеет локальный масштаб (их простирания обычно довольно беспорядочны), другая – тектонический региональный (эти трещины образуют ограниченное количество систем определенных направлений), третья принадлежит к системам планетарной трещиноватости (с простираниями 0° , 45° , 90° , 135°).

Воздушные снимки (особенно высотные) позволяют выделить наиболее значимые системы трещин, отбросив локальные (трещины отдельности, экзогенные и пр.). На ориентированных вертикальных снимках, сделанных с БПЛА (рис. 2г–е), прослеживаются системы крупных трещин, которые можно связать с тектоническими процессами. Для района северного “угла” Ладожского озера (станции наблюдения С1, С4, С7 – см. рис. 1) это: 0° , 20° , 30° , 45° , 90° , 135° , 160° (рис. 2к).

Системы 0° , 45° , 90° и 135° соответствуют направлениям систем планетарной трещиноватости [12], прочие – 20° , 30° , 160° – вероятно, можно отнести к чисто региональным тектоническим.

Рис. 2. Северные берега Ладожского озера

(а) – общий вид на шхерные берега в районе станции С1 (расположение станций – см. рис. 1); (б–в) – наземные снимки шхерных берегов в районе станции С12; (г) – вертикальный снимок тех же берегов на станции С12 (на врезках – ориентация трещин в коренных породах, зафиксированная на земле); (д) – вертикальный снимок берега в районе станции С1 (на врезке – ориентация трещин в коренных породах, зафиксированная на земле); (е) – вертикальный снимок берега в районе станции С4 (на врезке – ориентация трещин в коренных породах, зафиксированная на земле); (ж) – вертикальный снимок берега в районе станции С7; (з) – вертикальный снимок берега в районе станции С7; (и) – перспективный снимок берега в районе станции С7; (к) – роза-диаграмма наиболее часто встречающихся направлений трещин на станциях наблюдения северного берега Ладожского озера. Серые лучи – направления трещин, измеренные на земле, черные лучи – направления трещин, измеренные на земле и видимые на воздушных снимках (на круговой шкале – градусы лимба)



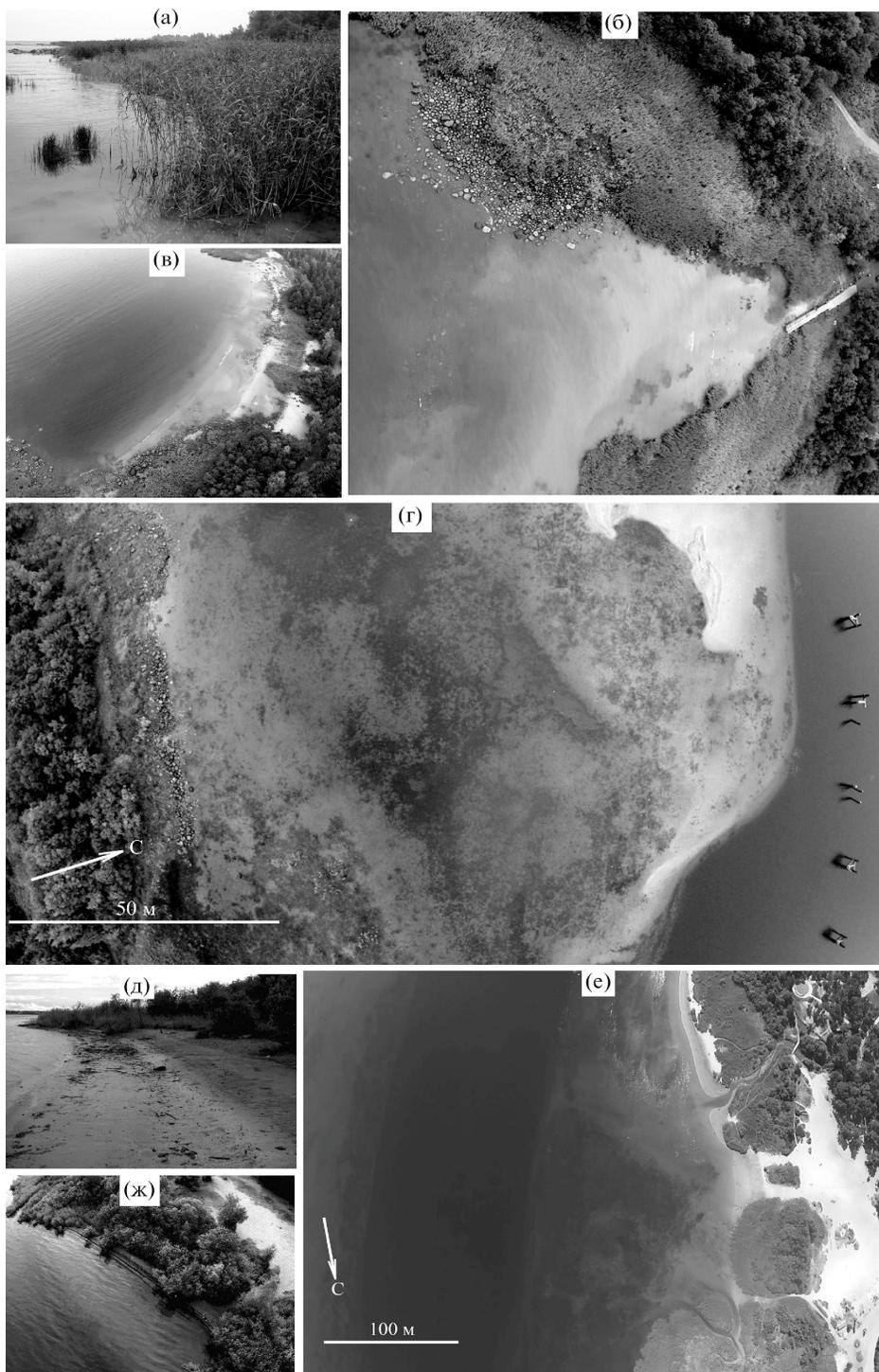


Рис. 3. Западные берега Ладожского озера

(а) – заросший растительностью берег в районе станции 31; (б–в) – тот же берег, снимки с воздуха; (б') – вертикальный снимок берега в районе станции 32; (д) – пляж в районе станции Ю6; (е–ж) – тот же берег, виды с воздуха

Возможности, которые предоставляет воздушная съемка для выделения систем тектонических трещин, иллюстрируются также на рис. 2(ж–и), где отчетливо видны простирания 0° , 30° , 45° , 70° , 90° , 135° , 160° , вычленяющие блоки в теле кристаллического массива. Уточнение формы этих блоков, а также положения разломов в районе исследований и увязки их сети с разломами прилегающих территорий и акваторий [13] в дальнейшем позволяет выявить морфоструктурные узлы (в зонах пересечения разломов), в которых могут происходить экстремальные природные явления [14].

Сравнительно слабое воздействие, выражающееся в преобладающей абразии, на северную часть Ладоги оказывают озерные процессы. Материковые и островные берега, авторы относят к абразионно-аккумулятивному типу. Слагающие их валунно-глыбовые отложения (с некоторой примесью песчаных осадков) являются, скорее всего, продуктами размыва и переотложения более древнего материала ледникового происхождения. Применение данных космической фотосъемки (Google Earth) позволяет распространить вышеописанный тип берегов на всю северную часть береговой зоны озера (рис. 1).

Западный берег в основном аккумулятивный и абразионно-аккумулятивный. Здесь преобладают пляжи шириной до 10–20 м с уклонами до 5° (рис. 3в, д–ж), сложенные рыхлыми отложениями с разными соотношениями псефитовых и псаммитовых размерностей обломков. Выше склоны имеют уклоны до 30 – 40° и бывают террасированы. Часто берега, морфологически мало отличаясь от пляжей, покрыты обломками псефитовых размерностей (рис. 3г). Глыбово-валунные отложения здесь, по-видимому, накопились вследствие разрушения (размыва) и переотложения материала разновозрастных морен. Такие берега, будучи сформированы аккумуляцией крупнообломочных отложений, подвержены частичному размыву и являются, таким образом, разнородностью абразионно-аккумулятивных [10]. Довольно часто здесь накапливается материал алевропелитовой размерности, на котором происходит интенсивное зарастание (рис. 3а–в).

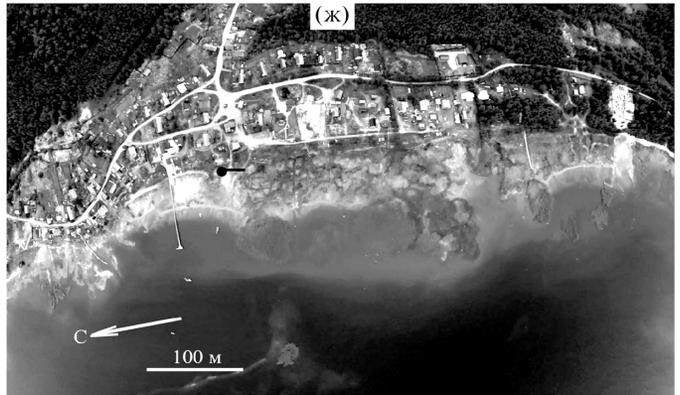
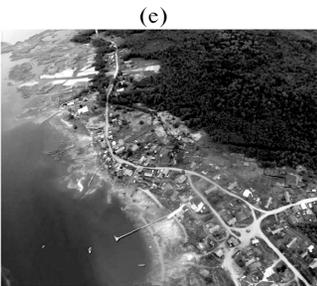
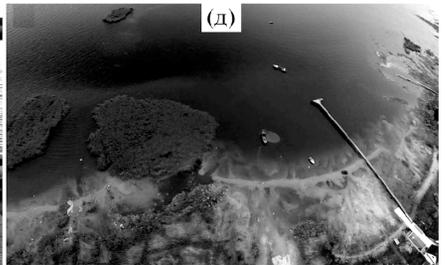
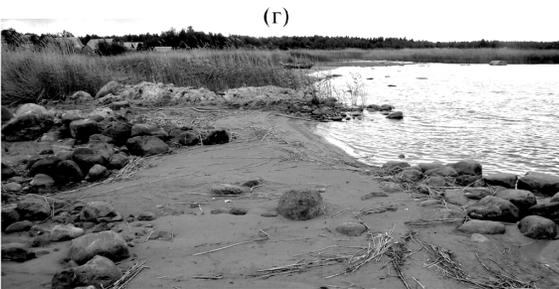
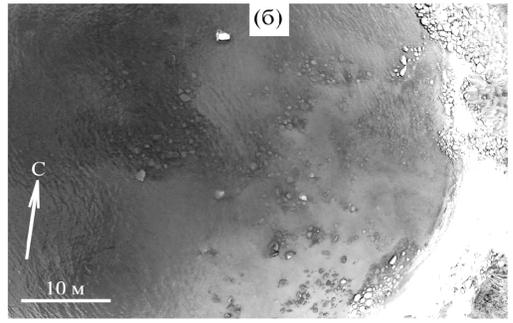
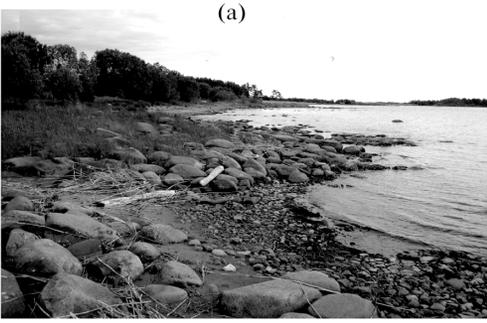
В районе станции наблюдения 32 с воздуха фиксируется широкая зона мелководья до глубины 3–4 м (рис. 3г). Судя по снимку, в этой зоне дно представляет собой субгоризонтальную поверхность, сложено песками и довольно сильно заросло.

Мелководье до глубин 3–5 м хорошо видно также на рис. 3(б–е), где прослеживаются подводные продолжения русел, а кое-где по морфологии дна можно судить о прибрежных литодинамических процессах. В левой части рис. 3(е) на дне можно видеть темную вертикальную полосу с прямыми краями – западный ладожский фарватер, возможность для наблюдений за состоянием краев которого дает воздушная съемка.

Южный берег характеризуется наличием трех крупных бухт – Свирской, Волховской и Петрокрепость, разделенных двумя низменными заболоченными полуостровами.

Морфологически южный берег в какой-то мере схож с западным, но характеризуется более интенсивным зарастанием макрофитами. Будучи в основном аккумулятивным, он сложен полимиктовыми песками с примесью гранитоидного валунно-галечного материала. Иногда эти валунно-галечно-песчаные отложения подстилаются глинистыми. Часто на таких берегах сформированы пляжи шириной до 10 м и более (рис. 4а–д). На рис. 4(б) хорошо видно прибрежное мелководье в районе станции Ю2, оно песчаное с существенной примесью (около 30%) валунов размерами до 1–2 м.

Рисунок 4(д–ж) показывает, что бухты южного берега разделены между собой не только абразионно-аккумулятивными мысами, но и аккумулятивными выступами суши с обильной растительностью, сложенными, по-видимому, алевропелитовыми отложениями. Форма берегов кутовой части Волховской губы



определяется в основном приустьевыми частями рр. Волхов и Сясь, с низкими песчаными сильно заросшими косами и пляжами. Берега и мелководье бухты Петрокрепость довольно схожи с таковыми в Волховской губе — низкие аккумулятивные, частично заросшие, сложенные песками и алевропелитовыми отложениями со значительной примесью гальки, щебня и валунов.

Космические данные позволяют составить обобщенное представление о южном побережье Ладоги. Одна из его характерных черт — весьма интенсивное зарастание макрофитами, в том числе и его акватории. Во многих местах растительность “наступает” на озерное мелководье на расстояния, измеряемые километрами. В некоторых местах сквозь заросли просматриваются участки пляжей и береговые песчаные валы. Таким образом, можно сделать вывод, что южные берега Ладоги в существенной своей части — это заросшие пляжи (рис. 1).

Интенсивное площадное зарастание макрофитами представляется наиболее значимым процессом для южного берега, и авторы выделяют его в качестве главного берегообразующего в этой части, а тип берега обозначают как эвтрофицированный (рис. 1).

Возможно, какое-то влияние на береговые процессы (в т. ч. и на эвтрофикацию) в южной зоне оказывает Новолодожский канал. На протяжении многих километров он проходит в нескольких десятках метров от берега озера параллельно ему. Учитывая, что грунт, изъятый при строительстве канала, перемещался большей частью на его “озерный” борт, можно предположить, что на существенном своем протяжении южный берег Ладоги, по сути, является техногенным (рис. 1).

Восточный берег в своей южной части представляет полосу широких пляжей, протянувшуюся примерно от Свирской губы до устья р. Видлицы (станции ВЗ — см. рис. 1) и в какой-то мере далее до о-ва Лункулансаари (рис. 5а–д). Он представлен пляжами, сложенными полимиктовыми песками, шириной до 40–70 м с уклонами до 3–5°, которые ограничиваются полосами дюн высотой до 10–20 м с уклонами 40–60°; в основании дюн пески имеют эоловую слоистость с мощностью слоев в первые сантиметры.

Подводные береговые склоны осложнены рядами (до 3) подводных баров, которые распространяются до глубин 4–5 м. Юго-восточный берег имеет признаки наиболее интенсивных аккумулятивных процессов на Ладожском озере. По-видимому, это связано с господством западных ветров, открытостью, относительной прямолинейностью и наветренным положением территории.

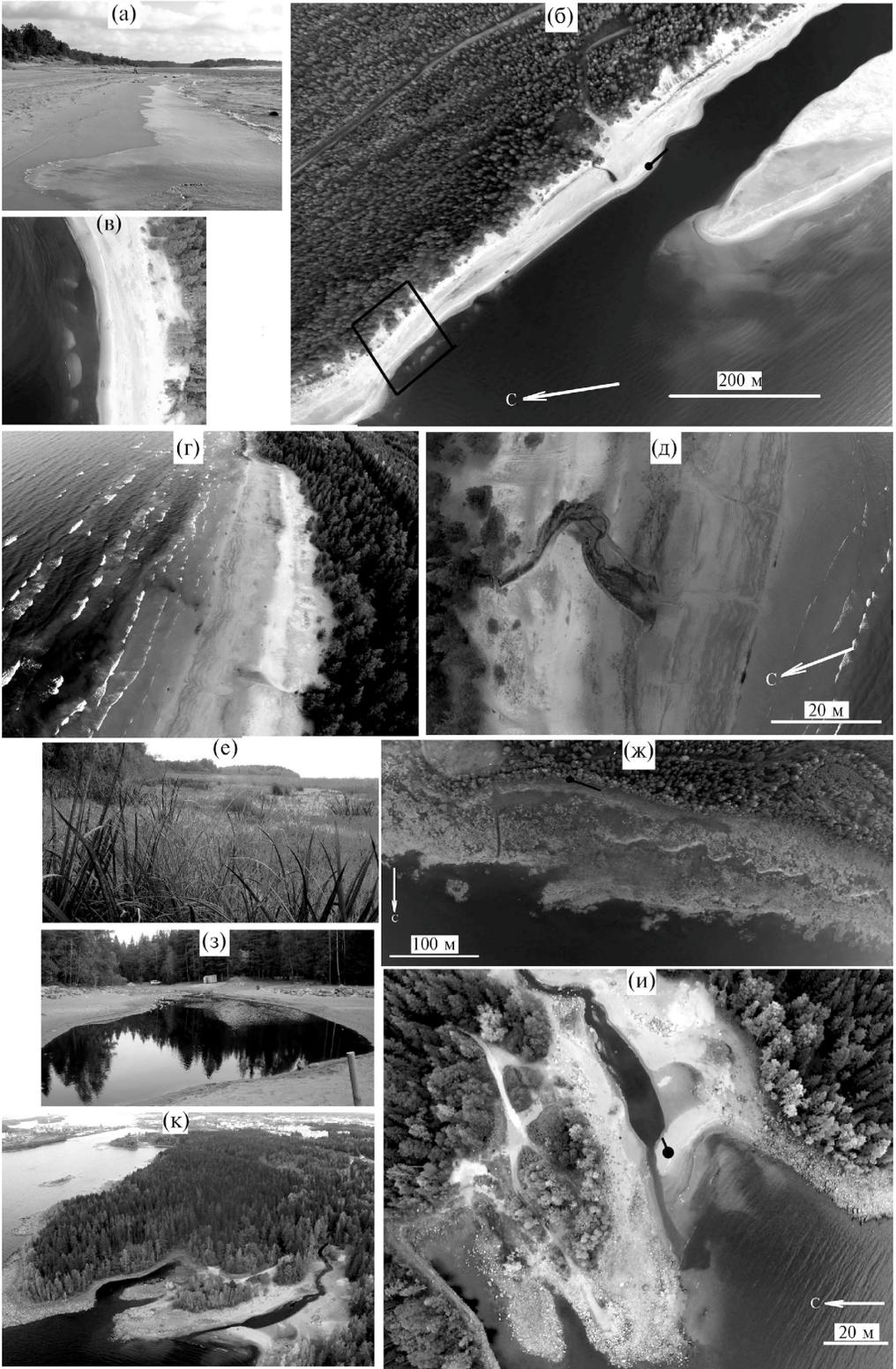
В интервале от устья р. Видлицы до о-ва Лункулансаари восточный берег Ладожского озера осложняется участками валунно-глыбовых отложений, формирующих мысы и островки и заполняющих пляжи. Последние здесь глыбово-валунные и песчано-глыбово-валунные шириной до 40–50 м с уклонами до 1–2°.

Далее на северо-запад вдоль берега озера протянулась группа островов, наиболее крупными из которых являются Лункулансаари и Мантсинсаари. Берега о-ва Лункулансаари в основном низкие аккумулятивные, поросшие тростником и др. растениями. На северо-восточном окончании острова песчаная коса шириной до 3–5 м ограничивает обширный заросший участок (~300×3000 м), который затопляется при высоких уровнях воды в Ладожском озере.

Северо-западнее группы островов по берегам начинают встречаться выходы коренных пород Балтийского щита, окруженные аккумулятивными образова-

Рис. 4. Южные берега Ладожского озера

(а) — наземный снимок пляжа в районе станции Ю2; (б) — там же, снимок с воздуха на малой высоте; (в) — там же, снимок с воздуха на большой высоте, черная точка с отрезком — положение и ориентация наземного снимка (а); (г) — наземный снимок пляжа в районе станции Ю1; (д) — там же, перспективный снимок с воздуха на малой высоте; (е) — там же, перспективный снимок с воздуха на большой высоте; (ж) — там же, вертикальный снимок с воздуха на большой высоте, черная точка с отрезком — положение и ориентация наземного снимка (г)



ниями. Так, в районе станции В9 вблизи г. Питкяранта при впадении в озеро небольшого ручья приустьевые песчаные косы образуют пляжи до 20–30 м шириной уклонами у уреза воды – до 30–40°, выше – до 5–10° (рис. 5з–к). При устье располагается подпорная коса шириной около 10 м. Берега озера на юго-восток и северо-запад от станции В9 сложены валунно-глыбовыми отложениями. Справа от устья и на левом берегу ручья в 50–80 м от него – куполообразные выходы серо-красных крупнокристаллических гранитов.

На схеме типов берегов Ладожского озера (рис. 1) видно, как протяженные участки эолово-волновых пляжей сменяются к северо-западу небольшими бухтами с песчаными пляжами, ограниченными валунно-глыбовыми мысами. Далее на северо-запад увеличивается удельный вес берегов, сложенных валунно-глыбовыми отложениями. Можно отметить весьма интенсивную эвтрофикацию берегов (в основном восточных) в районе о-вов Лункулансаари и Мантсинсаари.

Выводы

1. Данные воздушной съемки позволяют существенно обогатить методику изучения берегов Ладожского озера, т. к. имеют ряд достоинств:

– возможность количественной оценки площадей и визуального изучения мелководья;

– регулируемое от нескольких десятков метров до нескольких км поле обзора камеры;

– интерактивное управление съемкой.

2. По данным воздушной съемки уточнены направления трещиноватости коренных пород на ряде массивов северного берега в районе Сортавала – Питкяранта: 0°, 20°, 30°, 45°, 90°, 135°, 160°. Системы 0°, 45°, 90° и 135° соответствуют направлениям систем планетарной трещиноватости.

3. Одними из наиболее характерных особенностей строения береговой зоны Ладожского озера, в некоторой мере уточненных по результатам данного исследования, являются:

– преобладание фиардово-шхерного типа на северном побережье, сложенном коренными породами;

– господство абразионно-аккумулятивного типа на западном побережье, сложенном в основном псефитовыми отложениями;

– наиболее сильно эвтрофицированный южный берег озера в значительной степени является заросшим пляжем, что подтверждается космическими данными и данными воздушной съемки с БПЛА;

– на восточном побережье прослеживается последовательная смена типов берегов при движении с юго-востока на северо-запад: песчаные пляжи сменяются валунными абразионно-аккумулятивными и далее фиардово-шхерными берегами (рис. 1).

Рис. 5. Восточные берега Ладожского озера

(а) – пляж в районе станции В1 (наземный снимок); (б) – там же, вертикальный снимок с воздуха, черная точка с отрезком – положение и ориентация наземного снимка (а), черный контур – положение снимка (в); (в) – там же, вертикальный снимок с малой высоты; (г) – пляж в районе устья р. Видлицы (перспективный воздушный снимок), станция В3; (д) – там же, вертикальный снимок с воздуха; (е) – СВ берег о-ва Лункулансаари, заросший растительностью (наземный снимок), станция В7; (ж) – там же, вертикальный воздушный снимок, черная точка с отрезком – положение и ориентация наземного снимка (е); (з) – устье ручья в районе станции В9 (наземный снимок); (и) – там же, вертикальный воздушный снимок, черная точка с отрезком – положение и ориентация наземного снимка ж; (к) – там же, перспективный снимок с видом на г. Питкяранта на заднем плане

4. Комплексование метода наземной и воздушной геоморфологической съемки с применением БПЛА, а также последующее обобщение результатов с применением космических снимков представляется весьма эффективным дополнением к методике геоморфологических исследований побережий.

Благодарности. Работа выполнена в рамках госзадания ИНОЗ РАН по теме № 0154-2018-0003/5 “Разработка и совершенствование научных, технических, методических и правовых основ с целью сохранения Ладожского озера как геостратегического объекта федерального значения на основе комплексных исследований”, № госрегистрации 01201363379.

Acknowledgements. The work was carried out within the framework of the state task of Institute of Limnology RAS on the topic No. 0154-2018-0003/5 “Development and improvement of scientific, technical, methodological and legal bases with the aim of preserving Lake Ladoga as a geostrategic object of federal significance on the basis of complex studies”, State Registration No. 01201363379.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология) / Э.А. Лихачёва, Д.А. Тимофеев. М.: Медиа-Пресс, 2002. Т. 2. 640 с.
2. История озер СССР. История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки / Д.Д. Квасов, Г.Г. Мартинсон, А.В. Раукас. Л.: Наука, 1990. 280 с.
3. Ладожское озеро. Атлас / В.А. Румянцев, А.И. Сорокин. СПб.: ИНОЗ РАН, 2002. 128 с.
4. Ладога / Ред. В.А. Румянцев, С.А. Кондратьев. СПб.: Нестор-История, 2013. 468 с.
5. Ладожское озеро и достопримечательности его побережья. Атлас / В.А. Румянцев, А.И. Сорокин, Н.А. Нестеров. СПб.: Нестор-История, 2015. 199 с.
6. *Амантов А.В., Амантова М.Г.* Развитие котловины Ладожского озера с позиций ледниковой теории // Региональная геология и металлогения. 2014. № 59. С. 5–14.
7. Ладожское озеро (развитие рельефа и условия формирования четвертичного покрова котловины) / Отв. ред. Г.С. Бискэ. Петрозаводск: Карелия, 1978. 208 с.
8. *Лукашов А.Д.* Морфоструктура Северного Приладожья // Геоморфология и геология четвертичного периода Европейской части СССР. Петрозаводск: Изд-во АН СССР, Карельский филиал, 1976. С. 50–59.
9. История озер СССР. Общие закономерности возникновения и развития озер. Методы изучения истории озер / Д.Д. Квасов, Н.Н. Давыдова, В.А. Румянцев. Л.: Наука, 1986. 252 с.
10. *Сафьянов Г.А.* Геоморфология морских берегов. М.: Изд-во МГУ, 1996. 400 с.
11. Геоэкология Ладожского озера / В.Л. Иванов, В.И. Гуревич. СПб.: ВНИИ Океангеология, 1995. 209 с.
12. *Анохин В.М.* Глобальная дизъюнктивная сеть Земли: строение, происхождение и геологическое значение. СПб.: Недра, 2006. 161 с.
13. *Анохин В.М., Науменко М.А., Нестеров Н.А.* Рельеф дна Ладожского озера и его связь с дизъюнктивами // Изв. РГО. 2016. Т. 148. Вып. 2. С. 44–52.
14. *Ранцман Е.Я., Гласко М.П.* Морфоструктурные узлы – места экстремальных природных явлений. М.: Медиа-Пресс, 2004. 223 с.

REFERENCES

1. *Rel'ef sredy zhizni cheloveka (Ekologicheskaya geomorfologiya)* (The relief of human life environment (Environmental Geomorphology)). E.A. Likhacheva, D.A. Timofeyev. Ed. M.: Media-Press (Publ.), 2002. Part. 2. 640 p.
2. *Istoriya ozer SSSR. Istoriya Ladozhskogo, Onezhskogo, Pskovsko-Chudskogo ozer, Bajkala i Hanki* (History of the USSR lakes. The history of the Ladoga, Onega, Peipsi Lakes, Lake Baikal and Khanka). D.D. Kvasov, G.G. Martinson, A.V. Raukas. Ed. L.: Nauka (Publ.), 1990. 280 p.
3. *Ladozhskoe ozero. Atlas* (Ladoga Lake. Atlas). V.A. Rumyancev, A.I. Sorokin. Ed. SPb.: INOZ RAN (Publ.), 2002. 128 p.

4. *Ladoga* (Ladoga). V.A. Rumyancev, S.A. Kondrat'ev. Ed. SPb.: Nestor-Istoriya (Publ.), 2013. 468 p.
5. *Ladozhskoe ozero i dostoprimechatel'nosti ego poberezh'ya. Atlas* (Lake Ladoga and its coast attractions. Atlas). V.A. Rumyancev, A.I. Sorokin, N.A. Nesterov. Ed. SPb.: Nestor-Istoriya (Publ.), 2015. 199 p.
6. Amantov A.V. and Amantova M.G. Development of the Ladoga Lake basin from the standpoint of the glacial theory. *Reg. geol. metallogen.* 2014. No. 59. P. 5–14. (in Russ.)
7. *Ladozhskoe ozero (Razvitiie rel'efa i uslovija formirovaniya chetvertichnogo pokrova kotloviny)* (Lake Ladoga (relief development and conditions for the formation of a Quaternary basin cover). G.S. Biskje. Ed. Petrozavodsk: Karelija (Publ.), 1978. 208 p.
8. Lukashov A.D. Morphostructure of the Northern Ladoga, in *Geomorfologija i geologija chetvertichnogo perioda Evropejskoj chasti SSSR* (Quaternary geomorphology and geology of the USSR European part). Petrozavodsk, 1976. P. 50–59.
9. *Istoriya ozer SSSR. Obchie zakonomernosti vozniknoveniya i razvitiya ozer. Metody izucheniya istorii ozer* (History of the USSR lakes. Common patterns of occurrence and development of lakes. Methods of studying the history of the lakes). D.D. Kvasov, N.N. Davydova, V.A. Rumyancev. Ed. L.: 1986. 252 p.
10. Safyanov G.A. *Geomorfologiya morskikh beregov* (Geomorphology of marine coasts). M.: MGU (Publ.), 1996. 400 p.
11. *Geoekologiya Ladozhskogo ozera* (Geoecology of Lake Ladoga). V.L. Ivanov, V.I. Gurevich. Ed. SPb.: VNIIOkeangeologiya (Publ.), 1995. 209 p.
12. Anokhin V.M. *Global'naya diz'yunktivnaya set' Zemli: stroenie, proishozhdenie i geologicheskoe znachenie* (Global Earth disjunctive network: structure, origin and geological significance). SPb.: Nedra (Publ.), 2006. 161 p.
13. Anokhin V.M., Naumenko M.A., and Nesterov N.A. The relief of the bottom of Lake Ladoga and its relationship with the disjunctive. *Izv. RGO.* 2016. Vol. 148. Iss. 2. P. 44–52. (in Russ.)
14. Rancman E.Ya. and Glasko M.P. *Morfostrukturnye uzly – mesta e'kstremal'nyh prirodnyh yavlenij* (Morphostructural nodes – places of extreme natural phenomena). M.: Media-Press (Publ.), 2004. 223 p.