

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КРИОЛОГИИ ЗЕМЛИ

УДК 551.89

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОСТРОВОВ — РЕЛИКТОВ ЛЕДОВОГО
КОМПЛЕКСА — НА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОМ АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ

А. В. Гаврилов, Н. Н. Романовский, Х.-В. Хуббертен*, В. Е. Романовский**

Московский государственный университет, геол. ф-т, 119992, ГСП-2, Москва, Ленинские горы, Россия

* *Институт полярных и морских исследований им. А. Вегенера, 14473, Потсдам, Телеграфенберг А-43, Германия*

** *Геофизический институт университета Аляски, Фэрбенкс, США*

На основании анализа исторических, мерзлотно-геологических и палеогеографических данных реконструируется местоположение островов на шельфе морей Лаптевых и Восточно-Сибирского (западная часть), исчезнувших предположительно в последнее тысячелетие. Острова являлись останцами позднеплейстоценового ледового комплекса и были разрушены береговой термоабразией. На месте размытых островов образовались песчаные банки и мели, подверженные донной термоабразии. Сделан приближенный расчет скорости донной термоабразии и дана ориентировочная оценка времени разрушения указанных островов. Приводятся схематические карты их распространения в прошлом.

Ледовый комплекс, острова-останцы ледового комплекса, гранулометрический состав донных отложений, донная термоабразия, термоабразия берегов, песчаные банки

DISTRIBUTION OF ISLANDS — ICE COMPLEX REMNANTS ON THE EAST SIBERIAN ARCTIC SHELF

A. V. Gavrilov, N. N. Romanovskii, H.-W. Hubberten, V. E. Romanovskii

Moscow State University, Department of Geology, 119992, Moscow, GSP-2, Leninskiye Gory, Russia

* *Alfred Wegener Institute of Marine and Polar Research, 14473, Potsdam, Germany*

** *Geophysical Institute of Alaska University, Fairbanks, USA*

Based on analysis of seafloor topography and on historical, geological and paleo-geographical data, both published and archived, authors reconstructed the position of former ice complex (IC) islands. Most of these islands were destroyed by the shore thermal erosion (abrasion) on the western part of the East Siberian and Laptev Sea shelves during the last thousand years or so. IC islands were the remnants of the ice-rich syncryogenic freshwater terrestrial deposits, which covered coastal plains and emerged arctic shelf during the Late Pleistocene. At present time, the sandbanks exist at the places of former IC islands. These sandbanks are subjected to seafloor thermal abrasion. The approximate rates of seafloor thermal abrasion and the timing of complete destruction of IC islands during the last thousand years were calculated. Schematic maps of the former IC islands were also created.

Ice complex, ice complex relic islands, seafloor thermal abrasion, shore thermal erosion (abrasion), granulometrical composition of seafloor deposits, sandbank

ВВЕДЕНИЕ

Район исследований охватывает сектор арктического шельфа, расположенный к северу от приморских низменностей Восточной Сибири, — шельф моря Лаптевых и шельф западной части Восточно-Сибирского моря. Здесь и на приморских низменностях в позднем плейстоцене формировался комплекс сильнольдистых синкриогенных отложений с мощными повторно-жильными льдами, называемый ледовым комплексом (ЛК) [Романовский и др., 1997, 1999; и др.]. ЛК представлен в основном пылеватыми отложениями, но в его составе, особенно в нижней части разреза, в заметном количестве содержится песок.

На акватории морей Восточно-Сибирского и Лаптевых еще в XVIII—первой половине XX вв. существовали острова, исчезнувшие к настояще-

му времени [Ермолаев, 1932; Хмызников, 1937; Григоров, 1946; Степанов, 1948а,б; Визе, 1948; Зубов, 1954; История..., 1954; Гаккель, 1957; Жигарев, Совершаев, 1984; и др.] Они были сложены ЛК, а разрушены — береговой термоабразией. Таким образом, можно предположить, что острова свидетельствовали о формировании ЛК в плейстоценовые похолодания на осушавшемся шельфе. Одни из этих островов — Васильевский, Семеновский, Фигурина — исследователи посещали, другие — например, Диомида — только видели с судов во время плаваний. И, наконец, былое существование некоторых островов (Земли Санникова, Андреева и Васема, рис. 1) является предполагаемым. На о. Семеновский найдены остатки плейстоцено-

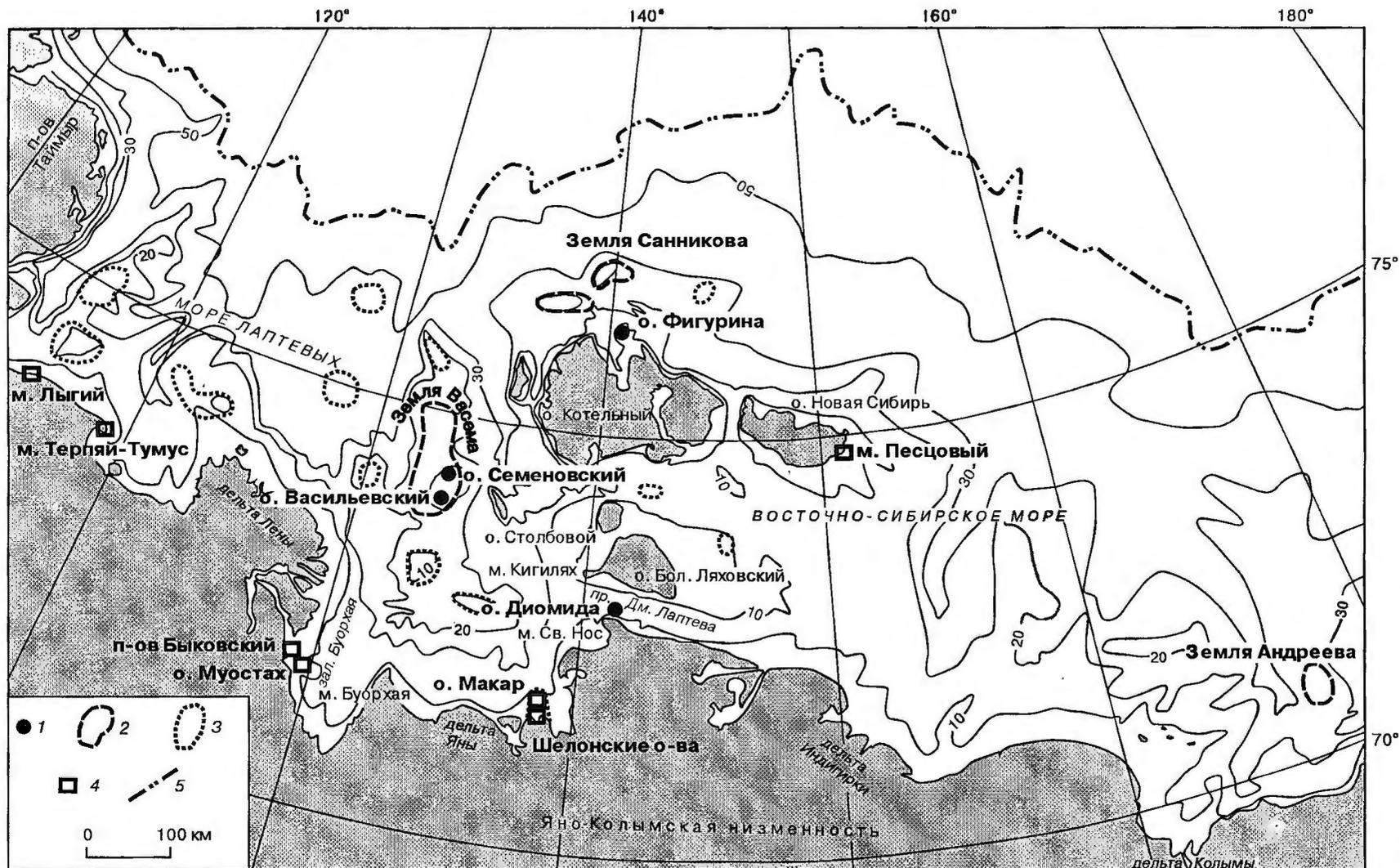


Рис. 1. Острова, сложенные ледовым комплексом.

1 — исчезнувшие острова, упоминавшиеся в исторических документах в XVIII—XX вв.; 2 — предположительно существовавшие, согласно историческим документам, 100—250 лет назад; 3 — острова, местоположение которых реконструировано авторами по мерзлотно-геологическим данным (разрушены термоабразией 300—800 лет назад); 4 — острова и полуострова, разрушаемые термоабразией в настоящее время; 5 — бровка шельфа.

вых млекопитающих: бивни мамонта, черепа овцебыка [Григоров, 1946] — еще одно свидетельство формирования ЛК на шельфе в плейстоценовые криохроны. В настоящее время на месте исчезнувших островов существуют банки и мели. Они активно абрадируются. Приводимые ниже скорости донной абразии показывают, что многие из этих банок и мелей сложены сильнольдистыми породами и являются, таким образом, субмаринными реликтами ЛК. Ряд существующих в настоящее время островов и полуостровов, сложенных ЛК, находится на грани исчезновения.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СУЩЕСТВОВАВШИХ В ПРОШЛОМ ОСТРОВАХ

Наибольшее количество сведений сохранилось по островам Васильевский и Семеновский. Сложенные ЛК, они имели высокие обрывистые берега. На Семеновском незадолго до его разрушения (1945 г.) высота подмываемого берега составляла 24 м [Григоров, 1946]. Острова были открыты в 1815 г. якутским купцом И. Ляховым [История..., 1954]. Размеры о. Васильевский в 1823 г., по данным экспедиции П. Ф. Анжу, составляли 7,4 × 0,4 км. К 1912 г. длина Васильевского сократилась до 4,6 км [Гаккель, 1957]. В 1936 г. на его месте была обнаружена лишь песчаная банка с глубинами 2,5—3,0 м [Визе, 1948; Степанов, 1948 а] (таблица).

Размеры о. Семеновский в 1823 г. составляли 14,8 × 4,6 км, в 1912 — 4,6 × 0,9, в 1936 —

2,0 × 0,5, а в 1945 г. — 1,6 × 0,2 км [Григоров, 1946]. В 1950 г. на месте о. Семеновский был обнаружен одинокий байджарах и едва возвышавшаяся над водой коса, а в 1952 г. здесь уже находилась песчаная банка на глубине 10 см [Гаккель, 1957] (см. таблицу). В начале 1960-х годов минимальные глубины на Семеновской банке составляли 0,2, на Васильевской банке — 0,6 м [Жигарев, Совершаев, 1984]. В 1965 г. на обеих банках фиксировались глубины 0,8 м [Семенов, 1971]. Указанные данные свидетельствуют о том, что промеров глубин моря в 1936 г. на наиболее мелких частях Васильевской банки, по-видимому, не было.

На начало 1980-х годов Л. А. Жигарев и В. А. Совершаев [1984] приводят значения глубин, равные 6,2—6,6 м (см. таблицу), хотя на современных батиметрической и геологических картах [Государственная геологическая карта..., 1999] наличие указанных мелей по-прежнему отмечается изобатой 5 м. Для северной оконечности Васильевской банки в настоящее время наименьшими являются глубины около 15 м [Дмитренко и др., 2001]. Менее глубокие места (около 10 м) на Семеновской и Васильевской банках, как можно понять из вышеприведенной публикации, сейчас тоже существуют.

Остров Фигурина был открыт в 1822 г. П. Ф. Анжу, совершавшим поиски Земли Санникова. Площадь острова в то время составляла около 8—9 км², высота подмываемого берега — 20 м. Он обозначен на картах 1926 [Ермолаев, 1932], 1941 и 1945 гг. [Степанов, 1948а]. В

Название банки	Год промера глубины моря	Глубина моря, м	Источник данных	Результаты приближенного расчета скорости донной термоабразии, м/год
Семеновская	1950	0	Гаккель, 1957	0,02 (1950—1960-е)*
	1952	0,1	Гаккель, 1957	
	начало 1960-х	0,2	Жигарев, Совершаев, 1984	
	1965	0,8	Семенов, 1971	
	начало 1980-х	6,2—6,4	Жигарев, Совершаев, 1984	
Васильевская	2000	10—15	Дмитренко и др., 2001	0,05 (1950—1965); 0,2 (нач. 1960-х—1965)
	1936	2,5	Визе, 1948	0,2 (1950—нач. 1980-х) 0,2 (1950—2000); 0,27 (1965—2000)
		3,0	Степанов, 1948 а	
	нач. 1960-х	0,6	Жигарев, Совершаев, 1984	
	1965	0,8	Семенов, 1971	
2000	15—10(?)	Дмитренко и др., 2001		
Диомида	между 1760 и 1810	0	Визе, 1948; История..., 1954; Гаккель, 1957; Степанов, 1948 а; Ермолаев, 1932	0,05 (от 1760—1810 до 1934)
	1934	7,4	Визе, 1948; История..., 1954; Гаккель, 1957; Степанов, 1948 а; Ермолаев, 1932	

* В скобках обозначен период наблюдений.

самом начале 1950-х годов о. Фигурина, как установила гидрографическая экспедиция, уже не было [Гаккель, 1957].

Остров Диомида (первоначальное название — о. Св. Диомида) был открыт Дм. Лаптевым в 1739 г. [История..., 1954; Степанов, 1948б; и др.]. Поначалу Дм. Лаптев решил, что видел два острова (еще о. Меркурия), потом пришел к выводу, что это — один остров, наблюдавшийся из двух разных точек. Считается, что о. Диомида мореплаватели видели в последний раз в 1761 г. [Визе, 1948; История..., 1956; Гаккель, 1957; и др.]. Однако, возможно, он существовал и позже: в 1775 г. геодезист Хвойнов, описывая о. Бол. Ляховский, видел с м. Киглях участок суши в юго-восточном направлении [Ермолаев, 1932]. Это мог быть о. Диомида, другой неизвестный остров или о. Меркурия. В последнем случае во время плавания Дм. Лаптев увидел два острова, а не один. В 1810 и 1820-х годах на картах М. И. Геденштрома (1811 г.) и П. Ф. Анжу (1821—1828 гг.) о. Диомида уже не обозначен. В 1934 г. во время плавания ледокола „Литке“ на месте острова на глубине 7,4 м была обнаружена песчаная банка [Визе, 1948; История..., 1954; и др.] (см. таблицу).

В завершение обзора необходимо отметить, что банки сложены твердомерзлыми отложениями. На акватории, почти повсеместно занятой пластичномерзлыми породами („вялой мерзлотой“), банки являются своеобразными островами твердомерзлых отложений.

ПРЕДПОЛОЖИТЕЛЬНО СУЩЕСТВОВАВШИЕ ОСТРОВА

Гранулометрическому составу донных отложений восточно-арктических морей свойственна зональность. Так, с удалением от берегов и нарастанием глубин моря состав отложений становится более тонким. В открытом море обычно развиты тонкодисперсные глинистые илы [Кордилов, 1952; Семенов, 1971; Аксенов и др., 1987; Павлидис и др., 1998]. Поэтому участие песков в составе отложений банок, возникших на месте островов, сложенных ЛК, весьма отчетливо выделяет эти места. На распространение песков среди господствующих глинистых донных отложений как на признак местонахождения здесь в прошлом островов, сложенных ЛК, впервые обратил внимание В. Н. Степанов [1948б]. Почему банкам свойственны преимущественно песчаные отложения, тогда как в грунтах позднеледникового ЛК практически повсеместно преобладает пылеватая фракция? Дело в том, что легкие пылеватые частицы в первую очередь взмучиваются волнами и течениями и выносятся на большие глубины. Более крупные и тяжелые песча-

ные частицы, содержащиеся в ЛК, особенно в нижней части разреза, наоборот, остаются на месте.

Среди островов, подлинное существование которых не установлено, наибольшей известностью пользуется Земля Санникова [Обручев, 1935, 1946; Степанов, 1948а,б; Григоров, 1946; и др.]. Ее только видели. В первый раз это было в 1810 (промышленник Я. Санников), последний — в 1886 г. (полярный исследователь Э. Толль) [История..., 1954; Степанов, 1948а,б]. Многочисленные попытки достичь Земли Санникова по льду, морским путем [История..., 1954], а в 1930-х годах — увидеть с самолета [Карелин, 1946] кончались неудачей. В. Н. Степанов [1948а] считает, что, возможно, уже в кон. XIX—нач. XX в. на месте Земли Санникова были только мели. Так, в 1901 г. во время плавания Э. Толля на судне „Заря“ в 100—150 км севернее Котельного среди измеренных 25—30-метровых были обнаружены 16-метровые глубины.

Местоположение Земли Санникова В. И. Степанов [1948а,б] связывал с распространением примерно в 100 км к северу от о. Котельный чистых, а также глинистых песков. А. А. Кордилов [1952] выделяет на этом месте илестые пески и песчаные илы с содержанием фракции менее 0,01 мм 5—10 и 10—30 % соответственно. Согласно В. А. Кошелевой и Д. С. Яшину [1999], донные отложения к северу от Земли Бунге и Котельного представлены глинистыми песками, в которых содержание частиц 1—0,1 мм превышает 75 %. На рис. 1 Земля Санникова выделена на основании положительных форм донного рельефа, оконтуриваемых изобатой 20 м, в пределах поля распространения указанных разновидностей песков.

О возможности существования Земли Санникова в прошлом свидетельствуют также гравиметрические данные [Литинский, 1977]. В 150 км к северу от о. Котельный выделен интенсивный гравитационный максимум, свидетельствующий, по мнению В. А. Литинского, о существовании погруженного под воду блока палеозойского фундамента, перекрытого мало мощными современными морскими осадками. В пределах блока установлен денудационный характер рельефа и размыв осадков. В 1976 г. севернее Котельного было зарегистрировано землетрясение, свидетельствующее о современной тектонической активности этого участка. Приведенные данные позволили В. А. Литинскому предположить погружение в указанном месте в недалеком прошлом большого острова. О былом существовании к северу от Новосибирского архипелага целого ряда островов может свидетельствовать, по его мнению, наличие других интен-

сивных максимумов силы тяжести, сопряженных с минимумами. Одним из сторонников существования суши к северу от Котельного был академик В. А. Обручев [1935, 1946].

О двух других крупных участках суши (Земли Васема и Андреева), предположительно существовавших в XVII—XVIII вв., известно существенно меньше, нежели о Земле Санникова. Считается [Неупокоев, 1922; Жигарев, Совершаев, 1984], что следами Земли Васема в прошлом веке являлись острова Семеновский и Васильевский. На „Чертеже всех сибирских градов и земель“ С. Ремезова, составленном в 1698 г. [История..., 1954], а также в книге Н. Витзена „Noord en Oost Tattarye“ („Север и восток Татарии“), изданной в 1692 и 1705 гг. [Визе, 1946], содержится информация об острове, находившемся „напротив входа в Лену в двух—двух с половиной днях пути от него“. Историки, анализировавшие эти сведения, пришли к выводу, что этим островом был Столбовой [Визе, 1946; История..., 1954]. Однако площадь Земли Васема, рассчитанная исходя из данных о темпе отступления берегов островов Семеновского и Васильевского с 1823 по 1912 г., в конце XVII в. могла на порядок превосходить современные размеры о. Столбовой. Да и сам этот остров был ближе к дельте Лены, чем о. Столбовой. Ниже будет показано, что близ дельты Лены мог существовать еще ряд островов, сложенных ЛК. Поэтому представляется, что версия об идентификации острова, показанного на карте С. Ремезова напротив устья Лены, с Землей Васема или одним из других островов, сложенных ЛК, не лишена оснований.

Первые сведения о существовании обширного участка суши, названного позже Землей Андреева, относятся к середине XVII в. В 1763—1770 гг. начинаются поиски Земли Андреева к северо-востоку от устья р. Колыма, которые продолжались вплоть до 1930—1940-х годов [Степанов, 1948б; История..., 1954; Гаккель, 1957; и др.]. По крайним предполагаемого местоположения Земли Андреева во время экспедиций на судах „Красин“ (1934 г.) и „Смольный“ (1946 г.) была обнаружена значительная примесь песка в илистых донных отложениях [Степанов, 1948б]. По данным В. А. Кошелевой и Д. С. Яшина [1999], здесь развиты песчано-алевритовые отложения и пески. Данный район круглый год характеризуется весьма тяжелой ледовой обстановкой. Поэтому ледовый разнос для него не характерен. Доля его участия в осадконакоплении всего Восточно-Сибирского шельфа оценивается в 0,3 % [Павлидис и др., 1998]. Однако именно здесь и М. И. Геденштром в 1810 г., и участники экспедиции Арктического института на судне „Смольный“ в 1946 г. [Степанов, 1948б] неред-

ко отмечали присутствие на льдинах глыб грунта, описание которых свидетельствует об их связи с береговыми обнажениями ЛК. В исчезновении гипотетического острова, возможно, ведущую роль играла не только термоабразия, но и механическое воздействие морских льдов. О существовании в настоящее время мелей в районе предполагаемой Земли Андреева свидетельствует наличие даже в самые благоприятные в ледовом отношении годы большого количества стамух — глыб морского льда, которые „заякорены“ на грунте.

Вышеизложенное показывает, что участки предположительно существовавших в недалеком прошлом островов, сложенных ЛК, характеризуются резко выраженным опесчаненным составом донных отложений. В соответствии с данными В. А. Кошелевой и Д. С. Яшина [1999], они представлены песками и песчано-алевритовыми отложениями. К первым авторы относят отложения, в которых преобладает (более 75 %) фракция 1—0,1 мм; ко вторым — отложения, где песчаная (1—0,1) и алевритовая (0,1—0,01 мм) фракции составляют 25 и 50 % соответственно. Указанные отложения, как правило, развиты на фоне алевритовых глин (50—75 % фракции менее 0,01 мм) и глинистых алевритов (50—75 % фракции 0,1—0,01 мм). Обширная преимущественно песчаная мель вокруг Семеновской и Васильевской банок [Государственная геологическая карта..., 1999] окружена алевритами с участками чистых глин. Основываясь на мерзлотно-геологических, исторических и отчасти гравиметрических данных, можно утверждать, что Земли Санникова, Васема и Андреева, сложенные ЛК, существовали.

ТЕКТОНИКА И ЕЕ РОЛЬ В СОХРАНЕНИИ ОСТАНЦОВ ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА НА ШЕЛЬФЕ

В тектоническом отношении современные и существовавшие в прошлом острова приурочены преимущественно к областям поднятий. Проследить это можно на примере моря Лаптевых (рис. 2), которое изучено лучше, нежели Восточно-Сибирское море. В соответствии с современными данными, мели на месте бывшего о. Фигурина и предполагаемого местонахождения Земли Санникова приурочены к Котельническому горсту (см. рис. 2). Банка на месте о. Диомида находится в пределах значительного поднятия, маркируемого выходами коренных пород на м. Святой Нос на континенте и на м. Кигилях на о. Бол. Ляховский. Семеновская и Васильевская банки находятся в пределах крупного Восточно-Лаптевского поднятия [Тектоническая

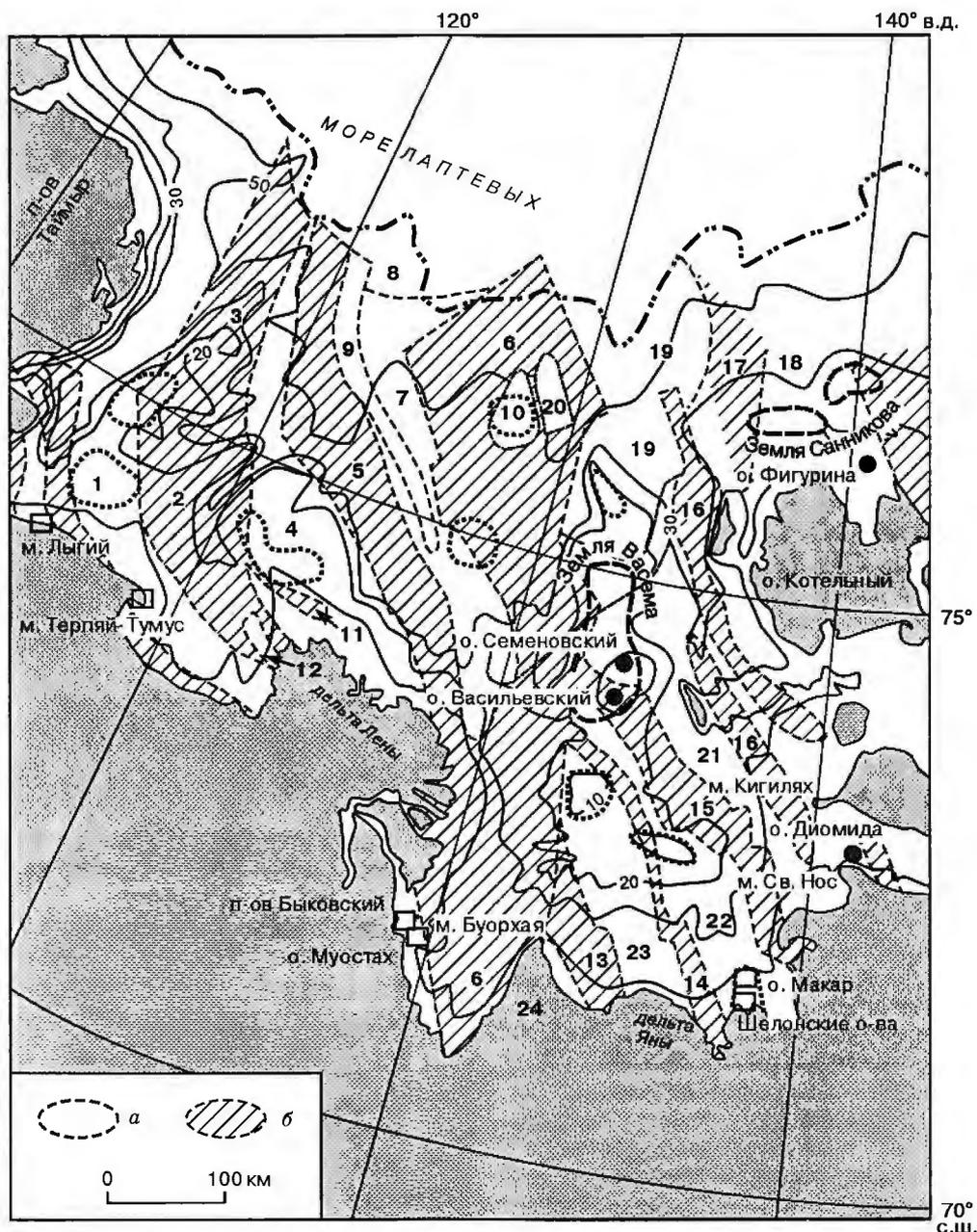


Рис. 2. Связь местоположения островов-останцов ЛК с современными тектоническими структурами.

a — поднятия; *b* — опускания. 1—24 — тектонические структуры в пределах шельфа [Sekretov, 2001]: 1 — Лено-Таймырская зона поднятий, 2 — Южно-Лаптевская депрессия, 3 — Западно-Лаптевская депрессия, 4 — Трофимовское поднятие, 5 — Усть-Ленский грабен, 6 — Омолойский грабен, 7 — Центрально-Лаптевское поднятие, 8 — Северо-Лаптевская депрессия, 9 — поднятие Минин, 10 — Интенсивное поднятие, 11 — Дунайский трог, 12 — Западно-Лаптевский свод, 13 — Усть-Янский грабен, 14 — Чондонский грабен, 15 — Широкостанский грабен, 16 — Бельковско-Святоносский грабен, 17 — Анисинская депрессия, 18 — Котельнический горст, 19 — Восточно-Лаптевский горст, 20 — Омолойский горст, 21 — Столбовой горст, 22 — Берелехский горст, 23 — Усть-Янский горст, 24 — Буорхайнский горст. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1.

карта..., 1998; Drachev et al., 1995], которое подразделяется С. Б. Секретовым [Sekretov, 2001] на ряд более мелких блоков (см. рис. 2). Среди последних наряду с поднятиями есть и относительно опущенные блоки.

Преимущественная приуроченность островов, сложенных ЛК, к положительным структурам вполне закономерна. Трансгрессирующее море в конце позднего плейстоцена и в голоцене заливало в первую очередь отрицательные

структуры, которые к этому времени уже были освоены озерным термокарстом [Романовский и др., 1999; Romanovskii et al., 2000]. Термокарстовые озера получили преимущественное развитие в тектонических понижениях, где условия поверхностного стока были наименее благоприятными. Наличие в отрицательных структурах многочисленных термокарстовых озерных котловин, соединенных друг с другом долинами мелких рек, обеспечивало продвижение именно по ним трансгрессирующего моря. В результате достаточно долго морем были заняты в основном отрицательные структуры, а сушу составляли положительные. В соответствии с простираем тектонических структур (см. рис. 2), южная часть моря Лаптевых представляла собой систему заливов, ориентированных с северо-запада на юго-восток, а побережье — систему полуостровов и мысов, вытянутых в том же направлении.

Процесс превращения полуостровов и мысов в архипелаги, а далее в разрозненные острова-останцы ЛК начинался (так же, как ранее в пределах отрицательных структур) с затопления морем термокарстовых озерных котловин и речных долин. В дальнейшем под действием термоабразии, сначала береговой, а позднее — донной, острова трансформировались в банки и соответственно субаэральные реликты ЛК — в субмаринные.

РАЗРУШАЕМЫЕ ОСТРОВА И ПОЛУОСТРОВА

Островов и полуостровов с фрагментами ЛК к настоящему времени осталось немного. Все они в настоящее время находятся на грани исчезновения. Это острова Муостах, Макар и Шелонские, полуострова Быковский и Терпий-Тумус, м. Лыгий на о. Новая Сибирь и др. (см. рис. 1). На участках побережья, где подошва позднелейстоценового ЛК залегает ниже уровня моря, последнее заливают котловины термокарстовых озер. При этом узкие останцы ЛК, разделяющие озерные котловины и море, размываются. Именно таким путем происходит в настоящее время превращение п-ова Быковский в остров [Романовский и др., 1999; Тумской, 2002] (рис. 3). Ширина подвергающегося термоабразии перешейка Колычева, соединяющего основную часть полуострова с континентом, сейчас составляет всего 1 км. Остров Муостах, представляющий в недалеком прошлом единый с п-овом Быковским участок суши, в настоящее время находится на грани исчезновения.

Весьма значительное проникновение моря в глубь суши по так называемым „термокарстовым лагунам“ фиксируется в пределах Чондонского грабена [Романовский и др., 1999; Romanovskii et al., 2000] (см. рис. 2). Наиболее крупными

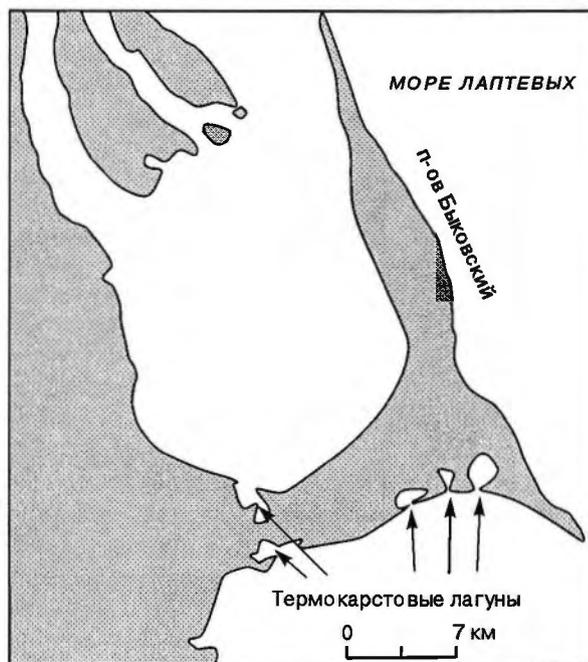


Рис. 3. Полуостров Быковский.

лагунами здесь являются Чондонская губа и залив Асабыт. На окружающей их суше поверхность аласов возвышается всего на 1 м над уровнем моря, а днища озерных котловин располагаются ниже его.

Острова Макар и Шелонские расположены в пределах Берелехского горста (см. рис. 2), являющегося частью Восточно-Лаптевского поднятия [Тектоническая карта..., 1998; Drachev et al., 1995]. В этом месте подошва ЛК находится выше уровня моря. Указанные острова представляют собой остатки некогда обширного полуострова, вдававшегося в море почти на 40 км и отделявшего Янский залив от Селляхской губы. Часть площади указанных островов занимают останцы ЛК, которые подвержены воздействию термоденудации. Абсолютные высоты останцов достигают 40 м, а урезы термокарстовых озер составляют 1,5 м. Эти данные дают возможность оценить мощность ЛК. Она составляет, как и на п-ове Быковский, примерно 35—40 м.

ДОННАЯ АБРАЗИЯ И ПРИБЛИЖЕННАЯ ОЦЕНКА ЕЕ СКОРОСТИ

Донная абразия на песчаных банках обнаружена непосредственными наблюдениями [Буренков и др., 1997; Lisitsin et al., 2000; Дмитренко и др., 2001]. На разрезе через северную оконечность Васильевской банки (рис. 4) этот процесс регистрируется по локальному максимуму мутности, сопровождающемуся резким изменением

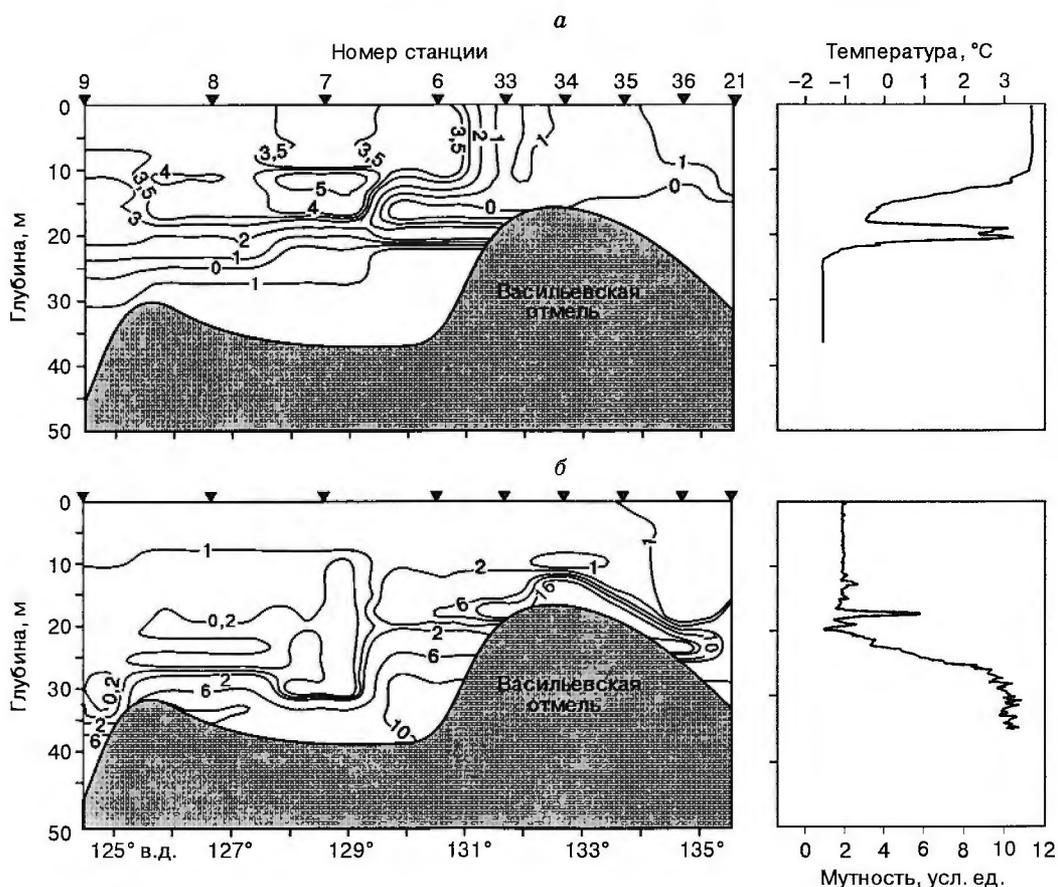


Рис. 4. Распределение температуры (а) и мутности (б) воды на разрезе вдоль 75° с.ш. через северную оконечность Васильевской банки в сентябре 2000 г., по данным [Дмитренко и др., 2001].

температуры воды. Преобладание тонкодисперсной фракции в составе взвешенных частиц позволило И. А. Дмитренко с соавторами предположить, что они являются продуктами размыва ЛК, слагающего Васильевскую банку. Указанные наблюдения относятся к летнему периоду, когда мелководья прогреваются и придонная температура воды на них становится положительной [Дмитренко и др., 2001]. Положительная температура, по-видимому, стимулирует абразию (термоабразию) мерзлых донных отложений, поскольку только после протаивания или растворения льда в их верхнем слое становятся возможными смыв и вынос осадка. При отрицательных температурах, скорее всего, донная абразия также имеет место. Об этом свидетельствует интенсивное внедрение взвешенных частиц грунта в лед, зафиксированное на мелководье к северу от Новосибирских островов [Dethleff et al., 1993; Eicken et al., 2000].

Для приближенной оценки скорости донной абразии (термоабразии) авторы воспользовались результатами промеров глубин на месте исчез-

нувших островов, проведенных в разные годы (см. таблицу). Данные таблицы показывают, что наибольшие различия в скорости донного размыва получились для Семеновской банки. Наибольшая скорость (0,27 м/год) фиксируется за период наблюдений 1965—2000 гг., наименьшая (0,02 м/год) — за первые 10—15 лет после исчезновения о. Семеновский (1950—1965 гг.).

Наименьшие скорости объясняются большим объемом материала, накопившегося в последние годы в связи с активной береговой термоабразией о. Семеновский. Вынос материала затруднялся существованием острова. Данные таблицы показывают, что через 10 лет после уничтожения острова материал был перемещен в более глубокие части моря, и скорость размыва за первую половину 60-х годов составила около 0,2 м/год. Таким образом, можно считать, что начиная с 60-х годов ежегодное понижение дна моря на Семеновской банке составляет 0,2—0,27 м.

Из данных, приведенных в таблице, видно, что после разрушения о. Васильевский период

выноса продуктов термоабразионного размыва его берегов с образовавшейся банки был также весьма продолжителен. Скорость понижения дна моря в течение периода 1965—2000 гг. на Васильевской и Семеновской банках получилась одинаковой — 0,27 м/год. Близость результатов расчета показывает, что в течение полувека денудации здесь подвергаются одни и те же породы или разные грунты, но с одинаковой льдистостью. В случае размыва одних и тех же пород, это — ЛК. Тогда его мощность на островах Васильевский и Семеновский должна была составлять 35—40 м. Это примерно столько же, сколько на Шелонских островах, о. Макар и п-ове Быковский.

Скорость донной абразии, рассчитанная на основании глубин на месте бывшего о. Диомида и времени его исчезновения, получилась существенно меньшей — 0,05 м/год. Меньше также получается мощность размытых пород, несмотря на более значительную продолжительность размыва и наличие сильного течения в пр. Дм. Лаптева: 7,4 м за 150—170 лет на банке Диомида против 7,5—12,5 м за 64 года на Васильевской банке. Известно, что по обоим берегам пр. Дм. Лаптева ЛК подстилается малольдистыми плотными глинистыми отложениями кучугуйской свиты [Романовский, 1958; Никольский и др., 1999]. По-видимому, банка Диомида сложена этими отложениями. Таким образом, в зависимости от льдистости размываемых пород скорость донной абразии существенно различна.

Реальность оценок скорости донной абразии (термоабразии) была проверена расчетом по другим данным. Использование результатов промеров Э. Толля в 1902 г. в районе Земли Санникова, батиметрических карт и промеров глубин, существующих в настоящее время, позволили получить величину донного размыва, равную 0,4—0,7 м/год.

В другом случае авторами были использованы сведения Н. Витзена об обилии мелей на пути от „ледяного мыса“ (мыс Буорхая, по [Визе, 1946]) к острову, находившемуся в 90-х годах XVII в. „напротив входа в Лену“. Осадка копей — судов русских мореплавателей XV—XVIII вв. — составляла 2 м [Визе, 1948; Зубов, 1954; История..., 1954; и др.]. Глубины, равные 2 м, в настоящее время в открытом море нигде не встречаются. Банки, оконтуриваемые изобатой 10 м, к северу от мыса Буорхая (см. рис. 1) мы рассматриваем в качестве возможного местоположения острова, изображенного на карте С. Ремезова и описанного в книге Н. Витзена. В направлении к этим банкам наименьшие глубины составляют сейчас 15 м. Оцененная по этим глубинам и сведениям о мелях, известных

в 90-е годы XVII в., скорость размыва составила 0,05 м/год.

Результаты расчета скорости донной термоабразии позволяют оценить время исчезновения предположительно существовавших островов. Так, Земля Санникова была полностью разрушена около 100 лет назад. Земля Андреева — 100—250 лет назад. По-видимому, 300—400 лет назад Земля Васема по размерам совсем немного уступала современному о. Бол. Ляховский.

РЕКОНСТРУКЦИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОСТРОВОВ, РАЗРУШЕННЫХ ПРЕДПОЛОЖИТЕЛЬНО ДО СЕРЕДИНЫ XVII— НАЧАЛА XVIII ВЕКА

История освоения Восточно-Сибирского шельфа отражена в документах, датируемых сер. XVII—нач. XVIII в. Одной из задач настоящего исследования явилась реконструкция местоположения островов, исчезнувших до этого времени. Она решалась на основе выделения положительных форм донного рельефа, сложенных песками и активно абрадируемых.

Распределение гранулометрического состава донных отложений и его связь с подводным рельефом. Зависимость состава отложений от твердого речного стока и термоабразии берегов обуславливает наиболее общую закономерность его распределения — увеличение дисперсности в направлении от берегов к бровке шельфа [Кордилов, 1952; Семенов, 1971; Аксенов и др., 1987; Павлидис и др., 1998]. Ледовый покров, снижая гидродинамическую активность водных масс, способствует отчетливости проявления этой закономерности [Аксенов и др., 1987]. Однако подобное распределение осадков в море Лаптевых существенно нарушено. На карте В. С. Большакова [Кордилов, 1952], составленной по данным визуальных определений, в центральной части моря выделяется большое количество участков песков, приуроченных к положительным формам донного рельефа. Преимущественно песчаный состав донных осадков вокруг Новосибирских островов (также по данным визуальной оценки) показан на схематической карте В. Н. Степанова [1948а].

На картах А. А. Кордилова [1952], впервые построенных по данным лабораторных определений, значительно удаленные от берегов площади песков не были показаны. Это связано с тем, что в соответствии с использованной классификацией грунты указанных площадей оказались илистыми песками (5—10 % фракции менее 0,01 мм) или песчаными илами (10—30 % фракции менее 0,01 мм). Используемая классификация такова, что к песчаным илам отнесены даже осадки Семеновской и Васильевской банок.

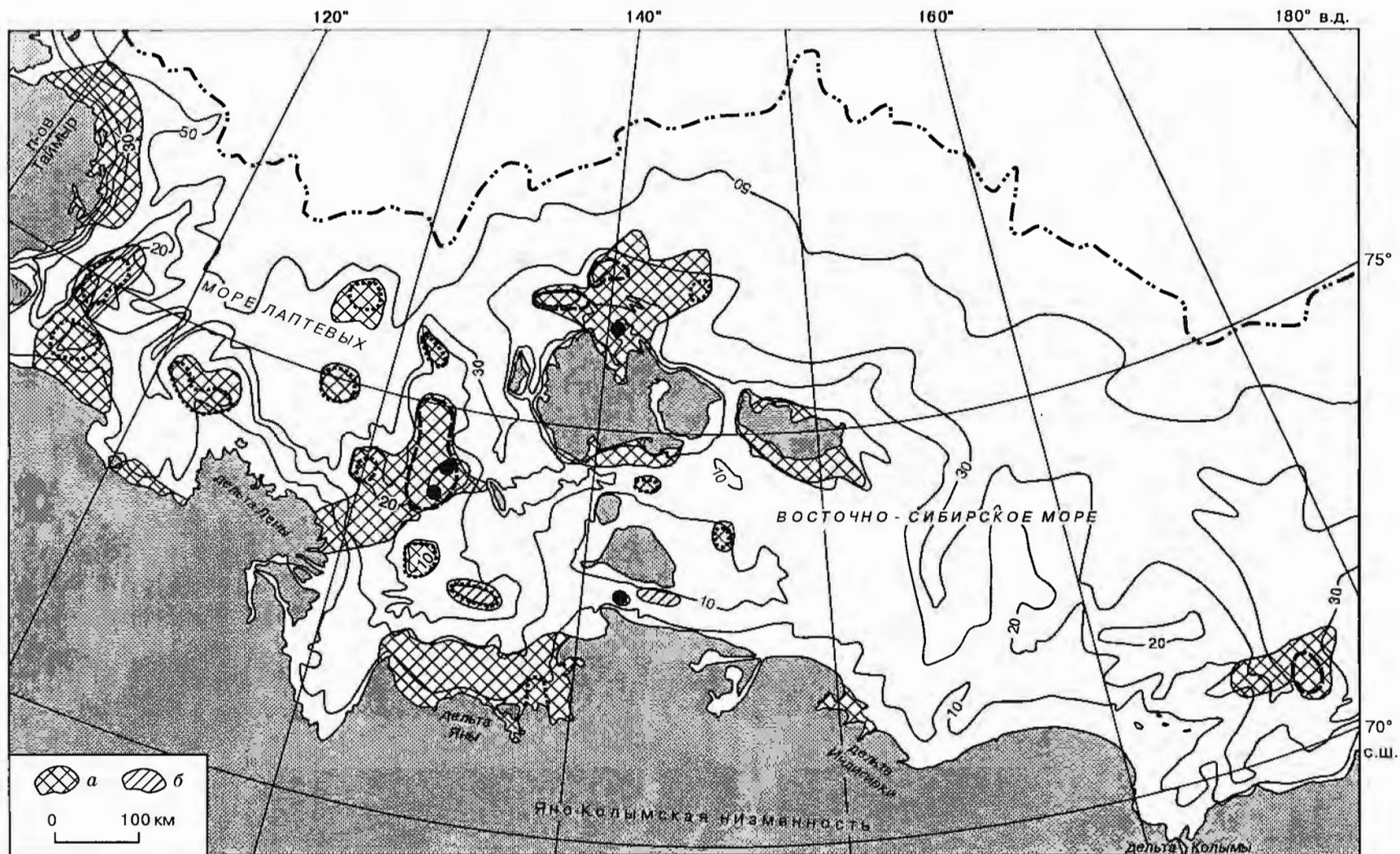


Рис. 5. Распространение преимущественно песчаных донных отложений на шельфе моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря (западная часть).

a — данные, полученные В. А. Кошелевой и Д. С. Яшиным [1999]; *b* — согласно Государственной геологической карте России [1999] и данным, полученным В. А. Соловьевым [1982]. Остальные усл. обозн. — см. на рис. 1.

Ю. П. Семенов [1971] считал, что нарушение закономерного увеличения дисперсности в направлении от берегов к центральным районам моря связано с наличием приподнятых участков дна, подвергающихся размыву. Он предполагал, что некоторые такие участки в прошлом представляли собой острова, подобные Семеновскому и Васильевскому. Первый опыт геокриологической интерпретации данных о песчаных банках и мелях на дне моря Лаптевых принадлежит В. А. Соловьеву [Соловьев, 1981; Соловьев и др., 1987]. На картах распространения и мощности субаквальной мерзлоты на Семеновской, Васильевской и еще четырех банках им показаны повышенные значения мощности мерзлых пород.

На рис. 5, по данным В. А. Кошелевой и Д. С. Яшина [1999], показаны участки распространения с поверхности дна песков, глинистых песков, а также отложений, в которых частицы фракции 1—0,1 мм преобладают или находятся в равном соотношении с частицами других размерностей (0,1—0,01 или менее 0,01 мм). Эти участки в основном приурочены к положительным формам донного рельефа. В соответствии с данными других исследователей [Государственная геологическая карта..., 1999; Соловьев, 1982], положительные формы, сложенные песками, распространены еще шире, нежели это следует из материалов В. А. Кошелевой и Д. С. Яшина (см. рис. 5).

Данные, изображенные на рис. 2, показывают, что положительные формы донного рельефа, сложенные преимущественно песками, связаны, как правило, с положительными тектоническими структурами. И наоборот, есть основания предполагать наличие связи тонкодисперсных донных отложений с наиболее значительными отрицательными структурами. В частности глинистые илы с содержанием пелитовой фракции до 90—99 %, характерные для внешней части шельфа, выявлены близ берега в заливе Буорхая в районе изобаты 10 м [Аксенов и др., 1987; Павлидис и др., 1998]. Залив Буорхая приурочен к Усть-Ленскому (Омолойскому, по С. Б. Секретову) рифту — основному структурному элементу рифтовой системы моря Лаптевых [Тектоническая карта..., 1998; Drachev et al., 1995].

Участки донной абразии и их пространственная связь с песчаными мелями и банками. Деятельность моря направлена на выравнивание дна. Поэтому положительные формы рельефа подвержены воздействию донной абразии. Вынос тонкодисперсного материала из этих форм, как уже указывалось, приводит к обогащению слагающих их осадков песчаной и крупноалевритовой фракциями. По данным Ю. П. Семенова и Е. П. Шкатова [1971], участки преимущественного размыва дна фиксируются по наличию пес-

чано-алевритовых осадков. Последние развиты в прибрежной зоне до глубин 10—30 м, а в открытом море — до 40 м. Результаты сопоставления местоположения песчаных участков и участков донной абразии на море Лаптевых (рис. 6) позволяют констатировать хорошее их соответствие. Таким образом, на Восточно-Сибирском арктическом шельфе широко распространены положительные формы, сложенные песками и активно размываемые в настоящее время. В соответствии с данными, представленными на рис. 2, они приурочены преимущественно к положительным тектоническим структурам.

Авторы считают, что указанные формы донного рельефа являлись в прошлом островами, сложенными ЛК. Альтернативная версия о связи мелей с современными тектоническими поднятиями не подтверждается фактическими сведениями. Анализ имеющихся данных показывает, что глубины на банках и мелях с течением времени нарастают. На основе указанных материалов составлена карта бывшего распространения островов, слагавшихся ЛК (см. рис. 1).

На карте показаны только те острова, местоположение которых по мерзлотно-геологическим данным представляется наиболее обоснованным. Скорее всего, пять—семь веков назад их было существенно больше. На это указывают небольшие по площади песчаные мели в пр. Дм. Лаптева, в Янском заливе, вокруг Новосибирских островов.

Оценка времени исчезновения островов, слагавшихся ЛК, основывалась на результатах расчета скорости донной абразии. Для случая размыва малольдистых пород, предположительно залегающих в основании ЛК, использовались данные по размыву банки Диомида (0,05 м/год). При этом были получены следующие результаты. Острова, существовавшие на месте современных мелей с глубинами около 15 м, вероятно, были разрушены 300—400 лет назад, а на месте мелей с глубинами 20 м уничтожение островов могло происходить 400—500 лет назад. Современная песчаная мель, находящаяся на глубине 40 м, могла быть местом расположения острова, разрушенного 800—1000 лет назад.

В случае расположения подошвы ЛК ниже уровня моря время размыва островов оценивается как более позднее. Так, если подошва ЛК была на 5 м ниже уровня моря, острова на месте современных 15-метровых банок, вероятно, были разрушены около 200—250 лет назад. На месте современных 20-метровых банок (при залегании подошвы ЛК в 10 м ниже уровня моря) уничтожение островов могло происходить примерно 300 лет назад. При залегании подошвы ЛК на 20 м ниже уровня моря разрушение острова в

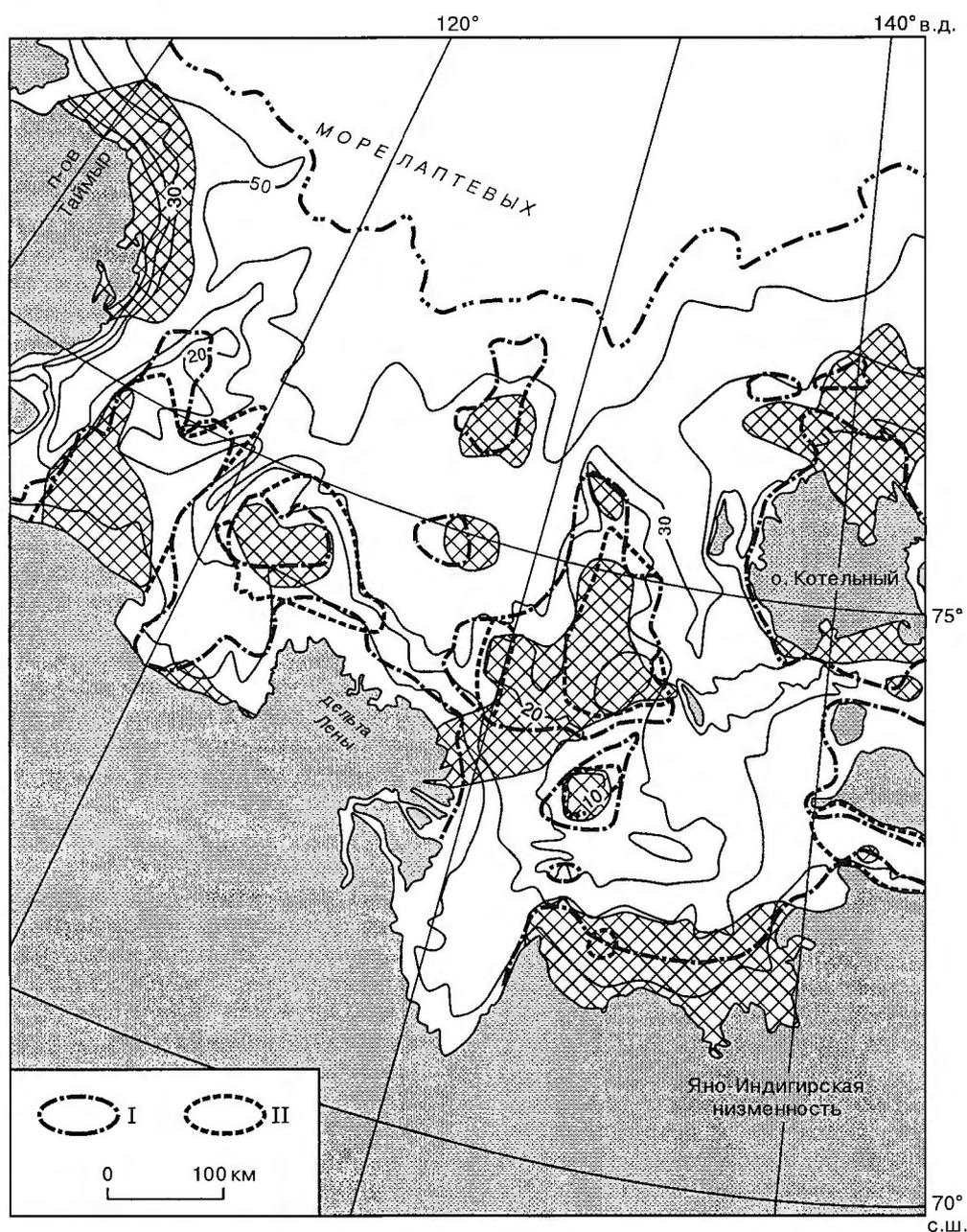


Рис. 6. Соотношение площадей развития песчаных донных отложений, по [Кошелева, Яшин, 1999] и участков донной абразии.

Данные по участкам донной абразии на шельфе моря Лаптевых: I — по [Семенов, Шкатов, 1981], II — по [Арз, 1998]. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1 и 5.

районе современных 40-метровых мелей могло произойти около 500—600 лет назад.

Результаты оценки согласуются с другими сведениями. Остров, показанный „напротив входа в Лену“ на карте С. Ремезова и упоминающийся в книге Н. Витзена, скорее всего был сложен ЛК. Исследователи, пришедшие к выво-

ду, что указанным островом был о. Столбовой [Визе, 1946; История..., 1954], не учитывали возможности существования в конце XVII в. островов, позднее разрушенных. Вековая динамика ледовой обстановки этого времени также была изучена слабо. Суда русских мореходов — кочи — могли передвигаться только в зоне меж-

ду берегом и кромкой льдов [История..., 1954]. В современных ледовых условиях плавания от дельты Лены до о. Столбовой на подобном судне возможно только в наиболее теплые годы. В конце XVII в. климат и ледовая обстановка в Арктике были более суровыми, чем сейчас. Об этом свидетельствуют данные у берегов Исландии [Bergthorsson, 1969], которые, как показал корреляционный анализ [Взаимодействие..., 1987], можно использовать для характеристики вековой динамики ледовой обстановки в море Лаптевых. Во второй половине XVII в. продолжительность ледового сезона у берегов Исландии колебалась от 1 (60-е годы) до 3—3,5 месяцев (80—90-е годы), тогда как в 30—50-е годы XX в. лед здесь вообще не образовывался.

Невозможность плавания на кочах до о. Столбовой из-за сложной ледовой обстановки показала также история освоения о. Бол. Ляховский, расположенного южнее Столбового. Многочисленные попытки форсировать на кочах пр. Дм. Лаптева во второй половине XVIII в. были безуспешны [История..., 1954]*. Поэтому начиная с этого момента и практически до начала XX в. передвижение к островам русских исследователей и промысловиков осуществлялось по льду в холодный сезон года [История..., 1954; и др.].

Островом, фигурирующим на карте С. Ремезова и в книге Н. Витзена, мог быть остров на месте современной банки, оконтуренной изобатой 10 м и расположенной к югу от Семеновской и Васильевской банок (см. рис. 1). Результаты оценки времени разрушения подобных островов (например, около 300 лет назад) хорошо согласуются как с возможностью их существования близ дельты Лены в конце 90-х годов XVII в., так и с возможностью продвижения к ним на кочах.

Результаты оценки времени исчезновения островов, сложенных ЛК, встраиваются в хронологию событий, связанных с историей разрушения ЛК на шельфе. Авторы считают, что об этапности этого разрушения свидетельствуют данные о времени формирования волноприбойных кос в Ванькиной губе [Тараканов, Новиков, 1976]. Образование кос связано с ветровыми нагонами, высота которых зависит от площади акватории и конфигурации ее берегов. Формирование низких кос (высотой 1—2 м над уровнем моря), по расчетам Л. В. Тараканова и В. Н. Новикова, относится к интервалу 7,5—2,1 тыс. лет назад. Самая высокая коса (7—8 м) образовалась около 1440 ± 290 лет назад.

В интервале 7,5—2,1 тыс. лет назад сила ветровых нагонов, по-видимому, была еще не очень значительной, поскольку максимальными

являлись лишь нагоны двухметровой высоты. К этому интервалу авторы относят этап существования в южной части современного моря Лаптевых многочисленных полуостровов и архипелагов. Они были сложены ЛК, приурочивались к тектоническим поднятиям и отгораживали Ванькину губу от основной части акватории. Наличие орографических препятствий на пути нагонных ветров ослабляло их рельефообразующее значение на берегах. Поэтому высота волноприбойных кос того времени не превышала 2 м.

Вероятно, около 1,5—1,4 тыс. лет назад, когда сформировалась 7—8-метровая коса, море очистилось от основной массы полуостровов и архипелагов, слагавшихся ЛК. Это время можно считать началом этапа существования ледового комплекса на шельфе в виде островов-останцов ЛК — своеобразных аналогов современных „едом“ на приморских низменностях.

Таким образом, описанные события предшествовали заключительному этапу существования ЛК на шельфе (1,5—1,0 тыс. лет назад — современность) — этапу разрушения островов, оставшихся на месте прежних полуостровов и архипелагов. Ледовый комплекс в настоящее время развит на ограниченном числе островов и в виде субмаринных реликтов ЛК на песчаных банках и мелях.

ВЫВОДЫ

1. Острова-останцы ЛК на Восточно-Сибирском арктическом шельфе приурочены в основном к новейшим положительным тектоническим структурам. Ледовый комплекс разрушался здесь трансгрессирующим морем позже, чем в тектонически опущенных блоках. Поверхность последних оказалась существенно пониженной под действием озерного термокарста, который получил развитие на шельфе до его затопления морем. Уже в историческое время массивы ЛК в пределах поднятий расчленялись морем, проникавшим в глубь массивов по термокарстовым озерным котловинам и соединяющим их долинам мелких рек, определяя трансформацию массивов ЛК в вытянутые мысы и полуострова, а последних — в острова-останцы ЛК.

2. В соответствии с историческими данными, на месте островов-останцов ЛК, существовавших в XVIII—первой половине XX в., в настоящее время распространены песчаные банки и мели. Многие из них представляют собой сейчас субмаринные реликты ледового комплекса. Разрушение этих островов береговой термоабразией произошло 50—250 лет назад.

* Продолжительность ледового сезона у берегов Исландии в это время составляла 1,5—3,5 месяца [Bergthorsson, 1969].

3. Банки и мели подвергаются интенсивной донной термоабразии. Скорость последней, приближенно рассчитанная по данным о глубине моря на банках за разные годы, составила от 0,5 до 0,20—0,27 м/год.

4. На основании данных о распространении положительных форм донного рельефа, сложенных песками и подверженных размыву, реконструировано местоположение островов, существовавших на Восточно-Сибирском арктическом шельфе в прошлом. Использование результатов расчета скорости донной термоабразии позволило оценить время исчезновения указанных островов: в зависимости от современных глубин мелей и гипсометрического положения подошвы ледового комплекса оно составило от 300 до 800—1000 лет назад.

Авторы искренне благодарны С. М. Фотиеву, чьи ценные замечания позволили более полно обосновать выполненные построения и улучшить редакцию статьи.

Работа выполнена в рамках российско-германского проекта „Система моря Лаптевых-2000“ при поддержке фонда NSF (National Science Foundation, США), грант OPP 99-86-826, и при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 00-05-64430).

Литература

- Аксенов Ф.Ф., Дунаев Н.Н., Ионин Ф.С. и др. Арктический шельф Евразии в позднечетвертичное время. М., Наука, 1987, 278 с.
- Арз Ф.Э. Термоабразия берегов моря Лаптевых и ее вклад в баланс наносов моря // Криосфера Земли, 1998, т. II, № 1, с. 55—61.
- Буренков В.И., Купцов В.М., Сивков В.В., Шевченко В.П. Пространственное распределение и гранулометрический состав взвешенных веществ в море Лаптевых в августе—сентябре 1991 г. // Океанология, 1997, т. 37, № 6, с. 920—927.
- Взаимодействие оледенения с атмосферой и океаном / Под ред. В.М. Котлякова и М.Г. Гросвальда. М., Наука, 1987, 248 с.
- Визе В.Ю. Витзен о русском арктическом мореплавании в XV веке // Проблемы Арктики. Л.; М., Изд-во Главсевморпути, 1946, с. 5—18.
- Визе В.Ю. Моря Советской Арктики. М.; Л., Изд-во Главсевморпути, 1948, 415 с.
- Гаккель Я.Я. Наука и освоение Арктики. Л., Морской транспорт, 1957, 132 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист S-53-55: Новосибирские острова. СПб, Изд-во ВСЕГЕИ, 1999.
- Григорьев И.П. Исчезающие острова // Природа, 1946, № 10, с. 65—68.
- Дмитренко И.А., Хьюлеманн Й.А., Кириллов С.А. и др. Термический режим придонного слоя моря Лаптевых и процессы, его определяющие // Криосфера Земли, 2001, т. V, № 3, с. 40—55.
- Ермолаев М.М. История открытия Новосибирского архипелага, его исследование и развитие островных промыслов // Тр. Совета по изуч. произв. сил. Сер. Якутская, вып. 7. Л., Изд-во АН СССР и ВАИ, 1932, с. 9—38.
- Жигарев Л.А., Совершаев В.А. Термоабразия разрушение арктических островов // Береговые процессы в криолитозоне. Новосибирск, Наука, 1984, с. 31—38.
- Зубов Н.Н. Отечественные мореплаватели — исследователи морей и океанов. М., Географгиз, 1954, 475 с.
- История открытия и освоения северного морского пути. М., Морской транспорт, 1954, т. 1, 592 с.
- Карелин Д.Б. Заключительные поиски Земли Санникова // Изв. ВГО, 1946, т. 78, вып. 2, с. 357—358.
- Кординов А.А. Осадки моря Лаптевых. Л.; М., Изд-во Главсевморпути, 1952, 152 с.
- Кошелева В.А., Яшин Д.С. Донные осадки арктических морей России. СПб, ВНИИОкеангеология, 1999, 286 с.
- Литинский В.А. О возможности существования Земли Санникова в прошлом (по геофизическим данным) // Тез. докл. I съезда советских океанологов. Вып. 3. М., Наука, 1977, с. 42—43.
- Неуполов К.К. Материалы по лоции Сибирского моря. Приложение к „Запискам по гидрографии“. Пб., 1922, вып. XLVI, 53 с.
- Никольский П.А., Басилян А.Э., Симакова А.Н. Новые данные по стратиграфии верхнекайнозойских отложений в районе мыса Святой Нос (побережье моря Лаптевых) // Ландшафтно-климатические изменения, животный мир и человек в плейстоцене и голоцене. М., 1999, с. 51—60.
- Обручев В.А. Земля Санникова // Природа, 1935, № 11, с. 20—26.
- Обручев В.А. Земля Санникова существовала // Природа, 1946, № 10, с. 64—65.
- Павлидис Ю.А., Ионин А.С., Щербаков Ф.А. и др. Арктический шельф: позднечетвертичная история как основа прогноза развития. М., Геос, 1998, 187 с.
- Романовский Н.Н. Четвертичные отложения о-ва Большого Ляховского и северной части Яно-Индибирской низменности (стратиграфия и мерзлотно-фациальный анализ): Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 1958, 24 с.
- Романовский Н.Н., Гаврилов А.В., Холодов А.Л. и др. Реконструкция палеогеографических условий шельфа моря Лаптевых для позднелайтоцен-голоценового гляциоэвстатического цикла // Криосфера Земли, 1997, т. I, № 2, с. 42—49.
- Романовский Н.Н., Гаврилов А.В., Тумской В.Е. и др. Термокарст и его роль в формировании прибрежной зоны шельфа моря Лаптевых // Криосфера Земли, 1999, т. III, № 3, с. 79—91.
- Семенов Ю.П. Условия образования донных отложений моря Лаптевых // Геология моря. Вып. 1. Л., Изд-во НИИГА, 1971, с. 47—53.
- Семенов Ю.П., Шкатов Е.П. Геоморфология дна моря Лаптевых // Геология моря. Вып. 1. Л., Изд-во НИИГА, 1971, с. 42—46.
- Соловьев В.А. Прогноз распространения реликтовой субаквальной мерзлой зоны (на примере восточно-арктических морей) // Криолитозона арктического шельфа. Якутск, Изд-во ИМЗ СО АН СССР, 1981, с. 28—38.
- Соловьев В.А. Палеогеографические предпосылки существования субаквальной реликтовой мерзлой зоны на шельфе восточно-арктических морей СССР // Гидрогеологические и мерзлотные условия Арктического континентального шельфа Евразии. Л., ПГО „Севморгеология“, 1982, с. 24—36.
- Соловьев В.А., Гинсбург Г.Д., Телепнев Е.В., Михалюк Ю.Н. Криогеотермия и гидраты природного газа в недрах Северного Ледовитого океана. Л., ПГО „Севморгеология“, 1987, 151 с.
- Степанов В.И. О судьбе Земли Санникова, Земли Бунге и Новосибирского архипелага // Проблемы Арктики, № 1. Л.; М., Изд-во Главсевморпути, 1948а, с. 19—34.
- Степанов В.И. О существовании гипотетических земель Санникова и Андреева // Тр. II Всесоюз. географ. съезда. Т. I. М., 1948б, с. 324—329.

- Тараканов Л.В., Новиков В.Н. Применение расчетного (энергетического) метода к оценке возраста береговой линии моря Лаптевых в Ванькиной губе // Геоморфология, 1976, № 3, с. 87—93.
- Тектоническая карта морей Карского и Лаптевых и севера Сибири. Масштаб 1:2 500 000. М., Изд-во Ин-та литосферы окраинных и внутренних морей РАН, 1998.
- Тумской В.Е. Термокарст и его роль в развитии региона моря Лаптевых в позднем плейстоцене и голоцене: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 2002, 26 с.
- Хмызников П.К. О размыве берегов в море Лаптевых // Северный морской путь. Л., Изд-во Главсевморпути, 1937, с. 122—133.
- Bergthorsson P. An estimate of driftice and temperature in Iceland in 1000 years // *Yokull*, 1969, Bd. 19, p. 94—101.
- Dethleff D., Nurnberg D., Reimnitz E. et al. East Siberian Arctic Region Expedition-92: The Laptev Sea — its significance for Arctic sea ice formation and Transpolar sediment flux // *Berichte Polarforschung*, 1993, vol. 120, p. 3—37.
- Drachev S.S., Savostin L.A., Bruni I.E. Structural pattern and tectonic history of the Laptev Sea Region // *Reports of Polar Res.* Vol. 176. Bremerhaven, 1995, p. 348—366.
- Eicken H., Kolatschek J., Freitag J. et al. A key source area and constraints on entrainment for basin-scale sediment transport by Arctic sea ice // *Geophys. Res. Lett.*, 1982, vol. 27, No. 13, p. 1919—1922.
- Lisitsin A.P., Shevchenko V.P., Burenkov V.I. Hydrooptics and suspended matter of Arctic seas // *Atmos. Ocean. Opt.*, 2000, vol. 13, No. 1, p. 61—71.
- Romanovskii N.N., Hubberten H.-W., Gavrilov A.V. et al. Thermokarst and Land-Ocean Interactions, Laptev Sea Region, Russia // *Permafrost and Periglacial Processes*, 2000, vol. 11, p. 137—152.
- Sekretov S.B. Petroleum potential of Laptev Sea basins: geological, tectonic and geodynamic factors // *Polarforschung-69*, 1999 (erschienen 2001), p. 259.

Поступила в редакцию
19 сентября 2002 г.