

Рис. 2. Десятилетние скользящие средние суммарной годовой продолжительности групп циркуляции Северного полушария за 1899–2013 гг.: 1 — зональная циркуляция, 2 — меридиональная циркуляция

многoletнюю, что и отражается в активности селевых процессов. Однако результаты счета могут показать только тенденцию изменения продолжительности процессоопасных ЭЦМ, а не фактические значения. Отмеченные ЭЦМ принадлежат к группе меридиональных [1]. Меридиональная циркуляция обеспечивает межширотный обмен воздушных масс, который в XXI в. является наивысшим за период с 1899 г. Особенность современного периода (1998–2013 гг.) на полушарии заключается в новом (третьем с 1899 г.) всплеске блокирующих процессов (рис. 2). В 1998 — 2013 гг. ЭЦМ 13л, 9а, а также 12а, 13з, 12бз имеют наибольшую суммарную годовую продолжительность. Увеличение опасности формирования селей зависит от пути южных циклонов, встречающих при современном характере атмосферной циркуляции препятствие для проникновения на север в виде блокирующих их антициклонов. Южные циклоны могут либо остановиться на территории Крыма, либо пройти к северо-западу на Кавказское побережье. От этого зависит выпадение осадков, достаточных для формирования селевых потоков. В настоящее время циклоны проходят на север, при этом недостаточно осадков на Кавказском побережье, в Крыму они отсутствуют. Вероятность выпадения значительного количества осадков в Крыму оценить трудно.

Активность селей в XXI в., помимо влияния климатических факторов, в отличие от XX в., намного больше и чаще бывает обусловлена техногенным фактором. Практически сток всех водотоков в Крыму зарегулирован системой водопроводов, вся вода забирается на орошение. Склоны юго-восточного и северного селевых районов террасированы, на многих имеются лесопосадки, что в значительной степени препятствует сносу твердого материала в русла водотоков. Теоретически в настоящее время селеопасная ситуация может возникнуть только при особенно значительных экстремумах метеорологических факторов. Вместе с тем в последние 20 лет практически на всей территории СНГ, где возможно формирование селей, не производится ремонт водохозяйственных сооружений, регулирующих подачу воды населенным пунктам и ливневой канализации. В Крыму предполагается значительное развитие курортного строительства, которое невозможно без оценки опасности селей и строительства противоселевых сооружений с обоснованным риском.

Выводы. В начале XXI в., когда достаточно велика продолжительность южных меридиональных циркуляционных процессов и растет продолжительность меридиональных северных очень велика экстремальность метеорологических факторов, что мы и наблюдаем в настоящее время.

Проведенные исследования позволяют отметить, что при современном состоянии климатической системы опасность формирования селей на территории Крыма достаточно велика. Если изменения погоды будут проходить и далее как в настоящее время (сохранится неустойчивость климатической системы, будут возможны экстремальные засухи и наводнения) опасность селей может в ближайшие годы увеличиться в результате воздействия природных факторов, но еще больше она может увеличиться за счет бесконтрольного техногенного воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. Прил. 1. Календарь последовательной смены ЭЦМ за 1899–2008 гг. / Отв. ред. А.Б. Шмакин. — М.: Ин-т географии РАН, 2009. — С. 219 — 328.
2. Мальнева И.В., Кононова Н.К. Активность селей на территории России и ближнего зарубежья в XXI веке // ГеоРиск. — 2012. — № 4. — С. 48–54.
3. Олиферов А.Н. Селевые явления в Крыму как чрезвычайные экологические ситуации // Геополитика и экогеодинамика регионов. Вып. 1. — Раздел II. — Симферополь: Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, 2005. — С. 39–46.
4. Олиферов А.Н. Селевые потоки в Крыму в XXI веке // Геополитика и экогеодинамика регионов. Т.5. — Вып. 1. — Раздел II. — Симферополь: Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, 2009. — С. 35 — 43.
5. Прогноз экзогенных геологических процессов на Черноморском побережье СССР / Под ред. А.И. Шеко. — М.: Недра, 1979. — 279 с.
6. Современные геологические процессы на Черноморском побережье СССР / Под ред. А.И. Шеко. — М.: Недра, 1976. — 184 с.
7. Харламова И.В. Исследование условий формирования селей в горных районах, прилегающих к Черноморскому побережью СССР, с целью их прогноза: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. — М., 1981. — 19 с.
8. Шеко А.И., Мальнева И.В. Сели. Природные опасности России в 6 т. — Т. 3: Экзогенные геологические опасности / Под ред. В.М. Кутепова и А.И. Шеко. — М.: КРУК, 2002. — С. 65–87.

© Мальнева И.В., Кононова Н.К., 2015

Мальнева Ирина Васильевна // irmaln@rambler.ru
Кононова Нина Константиновна // NinaKononova@yandex.ru

УДК 551.34 + 551.35

Дубровин В.А., Крицук Л.Н. (ФГУП «ВСЕГИНГЕО»)

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРИЯМАЛЬСКОГО МЕЛКОВОДНОГО ШЕЛЬФА КАРСКОГО МОРЯ В РАЙОНЕ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА ВСЕГИНГЕО MAPPE-САЛЕ

Представлены результаты исследования верхней 20-метровой толщи донных отложений Приямальского шельфа, вскрытой буровыми скважинами ВСЕГИНГЕО в мае 2014 г. Скважины оборудованы логгерами ЛРС для мониторинговых наблюдений за динамикой температурного режима. Получены результаты изменения температуры донных отложений за три летних месяца. Образцы грунта подверглись анализу состава и свойств в лаборатории ВСЕГИНГЕО. Проведена параллель между субаэральными и субаквальными разрезами стационара и установле-

но, что современные морские отложения представляют собой реликтовую толщу, подвергшуюся криогенной метаморфизации в субаэральных условиях. **Ключевые слова:** шельф, мониторинг, буровая скважина, измерительный комплекс, температура грунтов, засоленность.

Dubrovin V.A., Kritsuk L.N. (VSEGINGEO)

GEOCRYOLOGICAL CONDITIONS OF THE KARA SEA NEAR-YAMAL SHALLOW SHELF IN THE AREA OF THE GEOGRYOLOGICAL STATION MARRE-SALE OF VSEGINGEO

*The paper presents results of studying the upper 20m-thick Near-Yamal bottom shelf sediments, stripped by two boreholes of VSEGINGEO in May of 2014, drilled at different distances from the shore. The boreholes were equipped with the loggers LPC-F for monitoring observations of temperature regime dynamics in the bottom sediments. There were obtained data on the temperature regime for three summer months in one of the boreholes. The composition and aqua-physical properties of the sediments samples were analyzed in laboratory of VSEGINGEO. A parallel was drawn between the subaerial and subaqueous cross-sections of the Station, which showed that the modern marine sediments represent relict strata, subjected to cryogenic metamorphization in the subaerial conditions. **Key words:** shelf, monitoring, bore-hole, measuring complex, soil temperature, salt content.*

Арктический шельф России — крупнейший в мире источник неразведанных ресурсов углеводородов. До 2014 г. на шельфе Карского моря было выявлено восемь месторождений углеводородов в Обской и Тазовской губах, а также два газоконденсатных месторождения на открытом Приямальском шельфе. В настоящее время в качестве первоочередных объектов работ на Приямальском шельфе определены акваториальные продолжения уникальных по запасам: Харасавэйского и Круженштернского месторождений суши, а также Ленинградское и Русановское морские месторождения и перспективные структуры Нярмейская и Скуратовская. Поисковые работы второй очереди планируется проводить на объектах-спутниках.

В связи с предполагаемым освоением прибрежных месторождений углеводородов полуострова Ямал существует важнейшая инженерно-геологическая проблема выявления особенностей геокриологических условий. На Приямальском шельфе в разные годы мерзлые породы были вскрыты на различной глубине многочисленными скважинами в пределах субаквальной части Харасавэйской нефтегазовой структуры и Байдарацкой губы, а также на Русановской площади, где измерялась температура донных отложений [2,

11 и др.]. Одной из острейших проблем изучения криолитозоны Приямальского шельфа является полное отсутствие данных о динамике температурного режима донных отложений в интервалах глубин инженерной деятельности, необходимых в связи с предстоящим освоением здесь месторождений углеводородного сырья. Поэтому в мае 2014 г. в рамках выполнения технического задания по Государственному контракту с Роснедра на геокриологическом стационаре Марре-Сале были пробурены и впервые в отечественной практике оборудованы воздушно-сухой наблюдательной обсадной колонной две буровые скважины глубиной по 20 м от морского дна, предназначенные для мониторинга динамики температурного режима донных отложений (рис. 1).

Геокриологический стационар Марре-Сале был создан ВСЕГИНГЕО в 1978 г. на западном побережье полуострова Ямал, на территории одноименной метеорологической станции, имеющей ряд наблюдений с 1914 г. Стационар Марре-Сале представляет собой информационный объект мониторинга криолитозоны России. Он выполняет функции фонового стационара при освоении арктической части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции и одного из немногих долговременных пунктов наблюдений при изучении эволюции криолитозоны в условиях современных глобальных изменений климата [3, 7]. Расположение стационара на территории полярной метеорологической станции обеспечивает репрезентативность как собственных наблюдений, так и прогнозных оценок изменений параметров криолитозоны с использованием метеорядов. Геокриологические наблюдения на Марре-Сале насчитывают 37 лет и поэтому оказываются наиболее представительными при оценках фоновых (глобальных, региональных) изменений теплового состояния криолитозоны. Геолого-геокриологический разрез Марре-Сале, особенно в его верхней, наиболее ледистой части, является опорным для значительной части

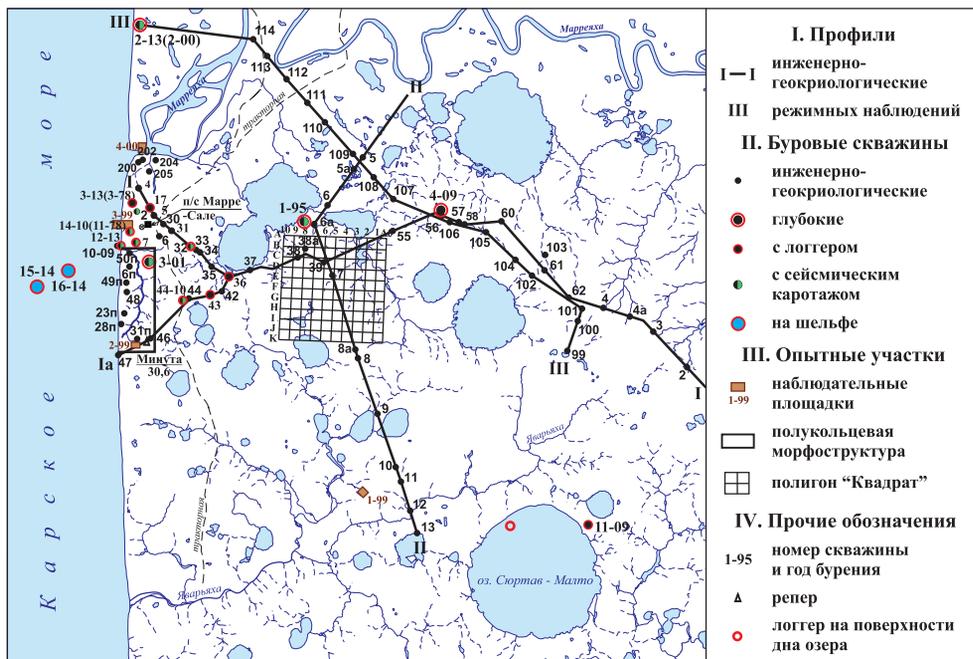


Рис. 1. Схема размещения наблюдательной сети на стационаре ВСЕГИНГЕО

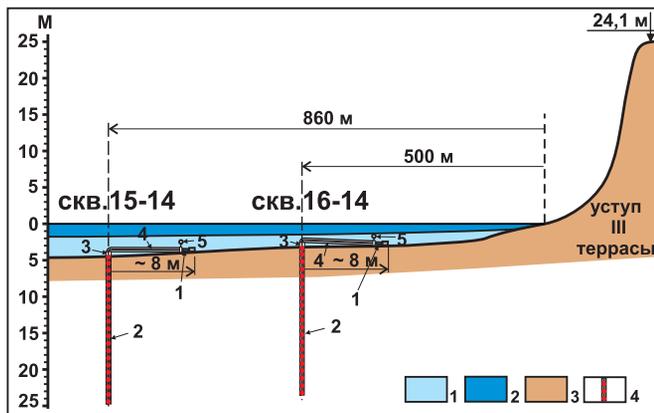


Рис. 2. Система обеспечения безопасности буровых скважин ВСЕГИНГЕО на шельфе. 1 — морская вода; 2 — лед; 3 — грунт и донные отложения; 4 — буровые скважины с термокошей. Цифры на разрезе: 1 — логгер LPC; 2 — обсадная труба; 3 — хомут; 4 — патрубков (гибкий шланг); 5 — поплавок

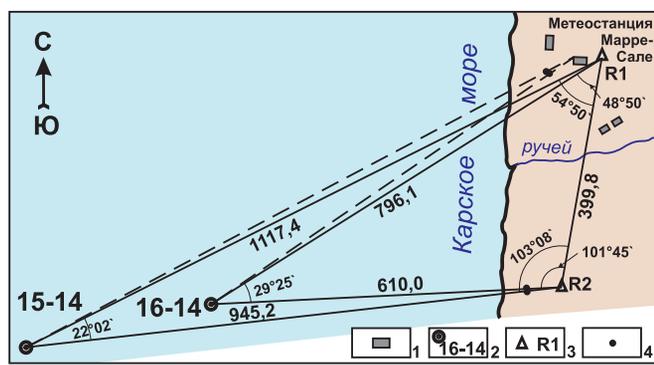


Рис. 3. План привязки буровых скважин на шельфе к местности. 1 — здания метеостанции; 2 — буровые скважины ВСЕГИНГЕО; 3 — реперы; 4 — створовые знаки

Западного и Центрального Ямала, шельфовой зоны Карского моря и Байдарацкой губы.

Одной из основных научных задач функционирования стационара при его создании планировалось изучение динамики температурного режима мерзлых горных пород. К концу прошлого века были достаточно хорошо изучены геокриологические условия верхнего горизонта многолетнемерзлых пород (ММП) до глубины 10–12 м [10]. С 1995 по 2009 г. на площади стационара были пробурены в различных ландшафтно-геологических условиях четыре скважины глубиной от 60 до 110 м, оборудованные универсальным автономным измерительным комплексом [5]. Логгер LPC позволил получить объективную картину динамики температурного режима ММП за длительный период. С 2000 г. все новые наблюдательные скважины снабжаются автономными измерительными комплексами. В настоящее время ими оснащены 16 скважин глубиной от 20–30 до 110 м (рис. 1).

В итоге многолетних мониторинговых наблюдений в достаточно полном объеме выявлены основные особенности динамики температурного режима (в годовом и многолетнем разрезе) в береговой зоне южной части полуострова Ямал. Материалы наблюдений регулярно обрабатывались, публиковались и докладывались на разных конференциях [4, 7, 9 и др.].

Бурение скважин на шельфе стационара Марре-Сале проводилось в мае 2014 г. со льда мощностью от 1,8 до 2,3 м, буровыми станками «Стерх» и УБШМ-20.

Первая скважина (15/14) была пробурена на изобате –5 м при удалении от берега на 860 м, вторая — на изобате около –4,5 м в 500 м от берега (рис. 1 и 2).

После окончания бурения скважины были обсажены наблюдательными металлическими трубами диаметром 57 мм и оборудованы измерительными комплексами LPC-F, с расстановкой датчиков в термокоше, начиная с поверхности донных отложений и далее через 1 м до забоя скважины. Оголовок трубы в придонном слое был оснащен гибким шлангом диаметром 80 мм и длиной 8 м, который был снабжен специальными якорными грузами, препятствующими его всплытию (рис. 2).

После завершения всех работ по оборудованию скважин была проведена проверка работоспособности наблюдательного пункта. В течение нескольких суток снимались температурные замеры в разрезе, свидетельствующие о полной выстойке скважин и стабилизации теплового режима грунтов, нарушенного в ходе буровых работ. Привязка местоположения пробуренных скважин была выполнена различными способами, включая GPS-навигатор, теодолит, береговые створы различных конструкций (рис. 3).

Температура донных отложений Приямальского шельфа. Уже первые замеры температуры в скважинах, пробуренных ВСЕГИНГЕО на шельфе, дали представление о некоторых особенностях температурного режима донных отложений в районе геокриологического стационара Марре-Сале. Анализ кривых первых температурных замеров, снятых в мае 2014 г. (рис. 4), показывает, что температура 20-метровой толщи донных отложений в конце зимы изменялась в интервале от $-0,1 \div -0,3$ до $-1,8 \div -2,0$ °С. После схода ледового покрова в августе 2014 г. были проведены повторные измерения температуры в дальней скважине (15-14). Гибкий шланг оголовка скважины с измерительным прибором LPC-F был поднят на поверхность воды и закреплен на лодке. С помощью Note Book были сняты данные мониторинговых наблюдений за май–август 2014 г. (рис. 5). Разновременные замеры очень плотно легли на график, что свидетельствует о высокой точности измерения. Четко видна тенденция постепенного понижения температуры в интервале глубин 6–14 м. Анализ рис. 5 дает основание предполагать наличие влияния на температуру донных отложений глобального потепления, наблюдавшегося в последнее десятилетие, как это зафиксировано в наземных скважинах. Подтвердить либо опровергнуть это предположение поможет картина круглогодичной динамики температуры в скважинах на шельфе, которую планируется получить в 2015 г.

Рис. 5 демонстрирует также динамику нулевой изотермы в донных отложениях скв. 15-14. С 12 по 22 июня она находилась на поверхности дна моря, что, в первую очередь, связано с наличием и постепенным разрушением ледового покрова моря, а также, вероятно, с протавиванием верхней мерзлой части разреза. При этом на глубине 6 м температура алевритистых глин понизилась с 19 мая по 20 августа с $-0,6$ до $-0,8$ °С, а на глубине 8 м — с $-0,3$ до $-0,7$ °С. Температура на дне моря в

скв. 15-14 за наблюдавшийся период изменялась от $-1,9$ до $+4,0$ °С. На глубине 20 м от дна температура донных отложений составила $-1,4$ °С.

Геологическое строение шельфа. Бурение скважин на дне моря осуществлялось шнеком. Образцы для лабо-

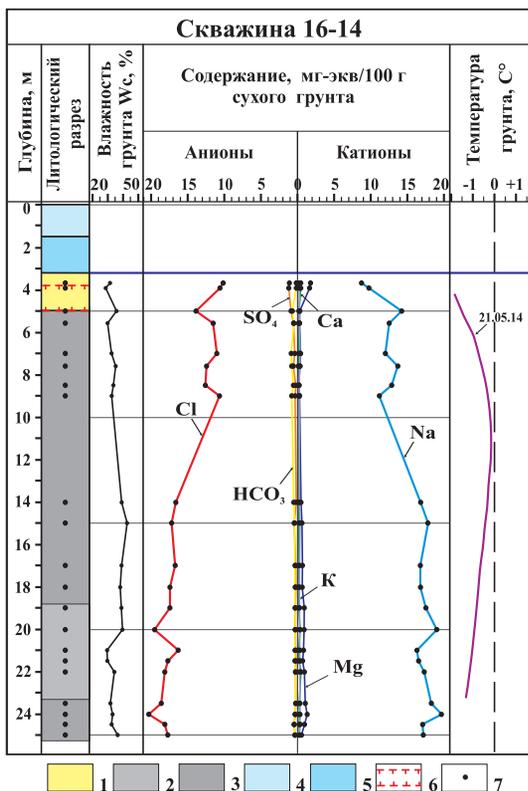
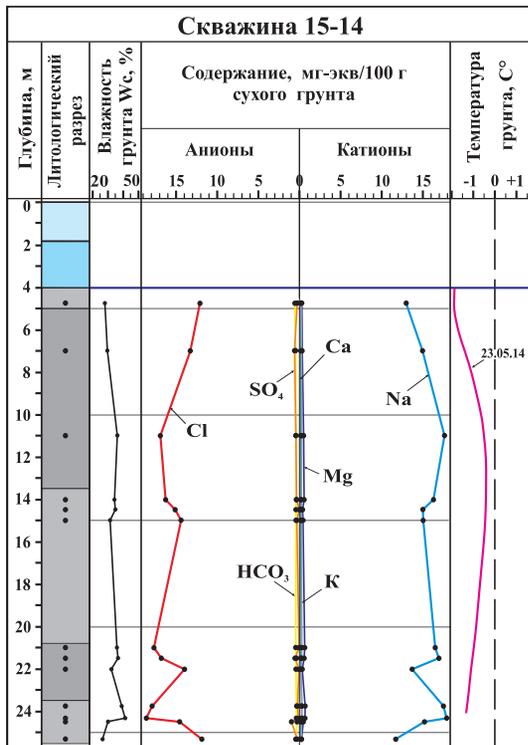


Рис. 4. Геологические разрезы буровых скважин ВСЕГИНГЕО на шельфе. 1 — песок; 2 — алеврит; 3 — алевритистая глина; 4 — морской лед; 5 — морская вода; 6 — границы мерзлых отложений; 7 — точки отбора образцов на лабораторные анализы

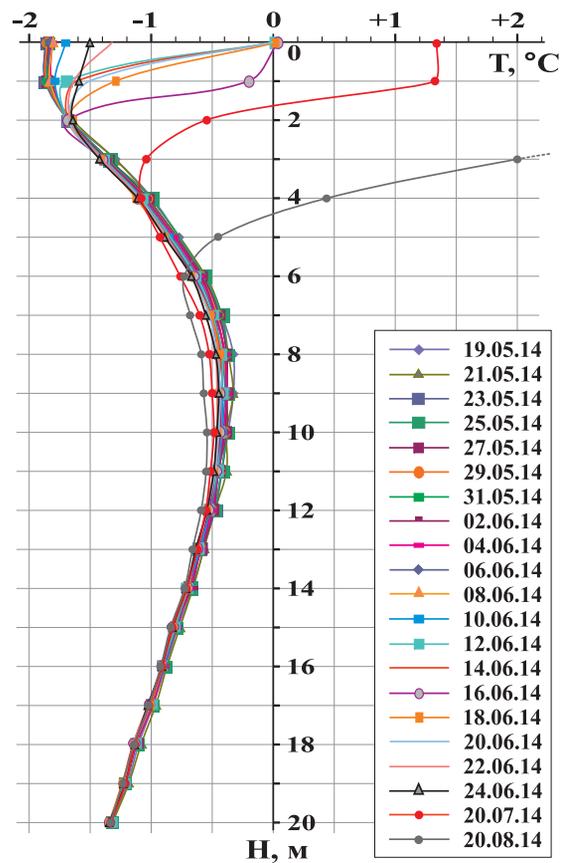


Рис. 5. Изменение температуры донных отложений в скв. 15-14 с мая по август 2014 г.

раторных определений отбирались с пера шнека (фиксированная глубина по проходке прибора) из каждого слоя при смене состава либо через 1 м выше пера при однородном составе пород. Отбор образцов и первичное описание проходки скважин проводились сотрудником Института криосферы земли СО РАН Е.А. Слагодой. В лаборатории ВСЕГИНГЕО законсервированные образцы донных отложений подверглись анализу гранулометрического состава, водно-физических свойств и определению химического состава водной вытяжки. В табл. 1 приведены данные по составу, физико-механическим свойствам и лабораторные названия проб донных отложений. При названии проб аналитики ВСЕГИНГЕО ориентировались на ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация». В геологии морские отложения, содержание глинистых частиц в которых превышает 30 %, называются алевритистыми (либо песчанистыми) глинами, а отложения с меньшим количеством глинистых частиц — алевритами.

Донные отложения в скв. 15-14 представляют собой алевритистые глины, в разной степени пластичные (от мягко- и текучепластичных до текучих) с прослоями алеврита на глубинах 22 и 25 м, текучей консистенции. В интервалах 4,0–4,5 м и 24,3–25,3 м донные отложения плотные, по-видимому, мерзлые, без видимых включений льда (по описанию Е.А. Слагоды). В естественных условиях отложения сизо-серые или сизо-черные, при высыхании — светло-серые или шоколадно-коричневые.

Таблица 1
Состав и физико-механические свойства донных отложений Приямальского шельфа

Глубина, м	Грунт	Песок, %					Пыль, %			Глина, %	Текучесть WL	Раскат. WR	Число пластичности JP	Влажность W, %	Плотность PS, г/см ³
		Размер частиц, мм													
		2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005						
Скважина 15-14															
5,0	Суглинок тяжелый пылеватый тугопластичный		—	0,3	5,2	14,4	33,9	10,4	35,8	36	21	15	28	2,70	
7,0	То же, мягкопластичный		—	0,1	3,0	27,3	26,0	11,8	31,8	34	22	12	29,6	2,70	
11,0	То же, текучепластичный		0,1	0,1	3,7	10,6	27,6	13,2	44,7	38	23	15	36,1	2,72	
14,0				0,1	2,6	23,8	33,2	9,1	31,2	35	22	13	34,2	2,70	
14,5	Суглинок легкий пылеватый текучий			0,1	2,7	26,8	30,6	9,1	30,7	33	22	11	34,9	2,70	
15,0	Суглинок тяжелый пылеватый мягкопластичный			0,1	1,4	23,5	30,7	11,7	32,6	35	23	12	31,3	2,69	
21,0	Суглинок легкий пылеватый текучий			0,1	1,2	16,6	38,4	11,8	31,9	33	22	11	35,9	2,71	
21,5				0,1	1,0	22,8	33,8	11,7	30,6	34	23	11	36,7	2,71	
22,0	То же, текучепластичный				0,5	23,5	37,0	11,7	27,3	34	23	11	32,2	2,70	
23,5	Суглинок тяжелый пылеватый текучий				1,0	17,3	34,7	16,1	30,9	35	22	13	39,0	2,72	
24,3					0,9	27,6	26	13	32,5	35	22	13	41,2	2,72	
25,0	Суглинок легкий пылеватый мягкопластичный			0,1	1,4	27,2	29,8	12,3	29,2	33	22	11	30,0	2,72	
25,5	Суглинок тяжелый тугопластичный			0,1	0,2	9,7	37,2	15,0	37,8	36	23	13	26,5	2,71	
Скважина 16-14															
0,7	Песок мелкий		0,1	0,1	92,7	7,1							31,4	2,68	
3,7			0,1	0,1	0,2	91,0	8,6						28,7	2,68	
5,0	Суглинок тяжелый пылеватый мягкопластичный			0,1	4,7	3,2	19,2	22,3	50,5	42	26	16	35,8	2,72	
5,5	То же, тугопластичный				1,0	9,9	45,9	13,5	29,7	39	24	15	29,9	2,70	
7,0	То же, мягкопластичный				1,0	5,0	32,0	17,2	44,8	39	24	15	32,5	2,71	
7,5	То же, текучепластичный			0,1	1,7	5,4	42,5	15,5	34,8	37	23	14	35,1	2,72	
8,5				0,2	1,0	12,7	32,8	13,5	39,8	37	23	14	33,7	2,72	
9,0	То же, мягкопластичный				0,5	5,5	38,6	16,1	39,3	38	24	14	32,5	2,72	
14,0	То же, текучий			0,3	0,4	12,6	37,5	12,3	36,9	35	22	13	39,1	2,72	
15,0				0,2	0,4	12,45	36,0	16,0	34,0	35	22	13	42,7	2,72	
17,0	Суглинок легкий пылеватый текучий			0,2	3,3	23,6	30,0	19,9	23,0	29	21	8	39,0	2,71	
18,0				0,5	3,1	22,7	37,2	9,6	26,9	30	22	8	38,1	2,70	
19,0				0,1	3,8	35,8	26,9	10,9	22,5	28	21	7	38,9	2,70	
20,0					1,6	22,7	36,6	11,9	27,6	30	22	8	39,6	2,70	
21,0	То же, текучепластичный			0,4	3,6	27,4	36,5	9,7	22,4	30,0	21	9	29,5	2,68	
21,5	То же, текучий			0,3	4,0	34,3	33,3	9,5	18,6	28	21	7	29,8	2,69	
22,0					2,6	29,1	33,8	11,5	23,0	30	21	9	34,2	2,69	
23,5					2,6	32,2	34,5	8,9	21,8	30	21	9	31,7	2,69	
24,0				0,1	2,8	36,3	28,2	10,2	22,4	30	21	9	33,1	2,70	
24,5		Суглинок тяжелый пылеватый текучепластичный				1,0	27,3	31,9	12,9	26,9	345	21	14	32,4	2,71
25,0	Суглинок легкий пылеватый текучий			0,2	1,4	15,2	40,3	13,5	29,4	33	23	10	36,5	2,72	

Состав и свойства отложений в скв. 16-14 в значительной мере отличаются от таковых в скв. 15-14 (табл. 1). Скв. 16-14 находится ближе к берегу и потому испытывает влияние вдольбереговых потоков из устьевой части р. Марре-Яха (через 3 мес. после бурения устье скважины оказалось занесенным слоем песка). В интервале глубин 3,2–5,0 м (или 0–1,8 м от поверхности дна) здесь залегает песок мелкий, хорошо промытый кварцевый (содержание фракции 0,25–0,1 мм превышает 90 %), сверху водонасыщенный, с глубины 0,5 м мерзлый, плотно сцементирован льдом (рис. 4). В интервале 5,0–17 м вскрыты алевритистые глины разной консистенции — от тугопластичных до текучих с прослоем алеврита в интервале 5,4–5,8 м. Ниже и до глубины 25 м залегают алевриты текучей консистенции.

Для алевритистых глин в обеих скважинах характерно высокое содержание опоковидного материала, в результате чего они оказываются сверхпластичными (т.е. раскатываются в очень тонкий шнур) и липнут к губам, что характерно для палеогеновых отложений Западной Сибири.

Донные отложения в обеих скважинах засолены. Содержание солей изменяется в интервалах 0,8–1,2 г на 100 г грунта в скв. 15-14 и 0,7-1,2 г на 100 г грунта в скв. 16-14. Засоление морское с резким преобладанием ионов Cl^- и Na^+ (рис. 4). Однако соотношение ионов в

отложениях обеих скважин отличается от типично морского. Практически во всех опробованных образцах донных отложений (кроме песков в скв. 16-14) наблюдается повышенное содержание ионов Cl^- (95–96 %-экв) и Na^+ (93–95 %-экв), что является признаком криогенной метаморфизации порового раствора [1]; аномально мало содержится ионов Mg^{2+} ; значительно меньше, чем в морской воде, ионов SO_4^{2-} (лишь в песке в скв. 16-14 содержание сульфат-иона близко к значению этого показателя в морской воде). В отличие от современной морской воды все опробованные образцы (38 шт.) содержат ионы HCO_3^- (до 3–4 %-экв. в скв. 15-14 и до 6–7 %-экв. в скв. 16-14). Постоянное присутствие в донных отложениях ионов HCO_3^- позволяет утверждать, что морские отложения, слагающие разрезы обеих скважин, подверглись криогенной метаморфизации в *субэвальных условиях*.

В табл. 2 приведены гипотетические соли, содержащиеся в изученных образцах, определенные по методике Н.П. Анисимовой [1]. Анализ этой таблицы показывает, что в разрезах скважин на шельфе стабильно содержатся соли континентального происхождения: гидрокарбонаты магния и калия, а также сульфат натрия, что свидетельствует о промытости изученной морской толщи пресными водами (озерными, речными или подземными).

Таблица 2

Гипотетические соли в донных отложениях Приямальского шельфа (содержание, %)

Место отбора проб	Глубина, м	NaCl	MgCl ₂	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄	CaSO ₄	NaHCO ₃	MgHCO ₃	CaHCO ₃	KCl	KSO ₄	KHCO ₃
Вода океана	—	77,6	10,7	—	6,8	2,5	—	—	0,8	1,6	—	—
Вода р. Марре-Яха в устье	—	76,7	10,3	—	7,1	3,0	—	5,0	1,5	1,6	—	1,0
Скв. 16-14	3,3	78,1	10,7	—	5,3	3,9	—	—	—	—	0,5	1,0
	3,9	80,8	7,9	—	5,8	3,6	—	—	—	—	0,5	1,4
	5,0	89,7	—	5,3	0,4	—	—	1,6	1,4	—	—	1,6
	8,5	93,9	—	1,7	—	—	0,3	1,1	1,4	—	—	1,6
	9,0	90,5	—	2,8	—	—	0,9	2,3	1,5	—	—	2,0
	19,0	92,8	3,7	—	1,1	0,6	—	—	0,3	—	—	1,5
	20,0	92,5	4,4	—	—	1,7	—	—	—	—	—	1,4
	21,0	92,8	—	—	1,0	0,6	—	—	0,3	—	—	1,7
	24,0	91,2	5,8	—	0,3	1,2	—	—	—	—	0,1	1,4
25,0	94,0	2,1	—	0,9	1,0	—	—	0,4	—	—	1,6	
Скв. 15-14	4,5	93,0	2,0	2,0	0,1	—	—	—	0,9	—	—	1,5
	7,0	92,5	—	2,8	1,4	—	—	0,8	1,0	—	—	1,5—
	11,0	94,9	0,2	—	2,4	—	—	0,2	0,8	—	—	1,5
	14,0	94,6	1,1	—	2,1	—	—	0,1	0,8	—	—	1,3
	14,5	94,7	2,3	—	0,1	0,1	—	—	1,2	—	—	1,6
	15,0	94,6	1,1	—	2,1	—	—	0,1	0,8	—	—	1,3
	21,0	93,6	3,6	—	—	—	—	—	1,2	—	0,3	1,3
	21,5	94,2	0,8	—	2,4	—	—	—	1,0	—	0,6	1,0
	22,0	94,8	1,7	—	0,5	—	—	0,1	1,4	—	—	1,5
	23,5	93,3	3,5	—	0,2	—	—	—	1,5	—	1,0	0,5
	24,3	93,5	3,5	—	—	0,4	—	—	1,1	0,3	—	1,2
	25,0	91,6	—	2,9	3,0	0,3	—	—	0,6	—	—	1,6
25,3	94,1	—	0,9	1,3	—	—	0,7	1,1	—	—	1,9	

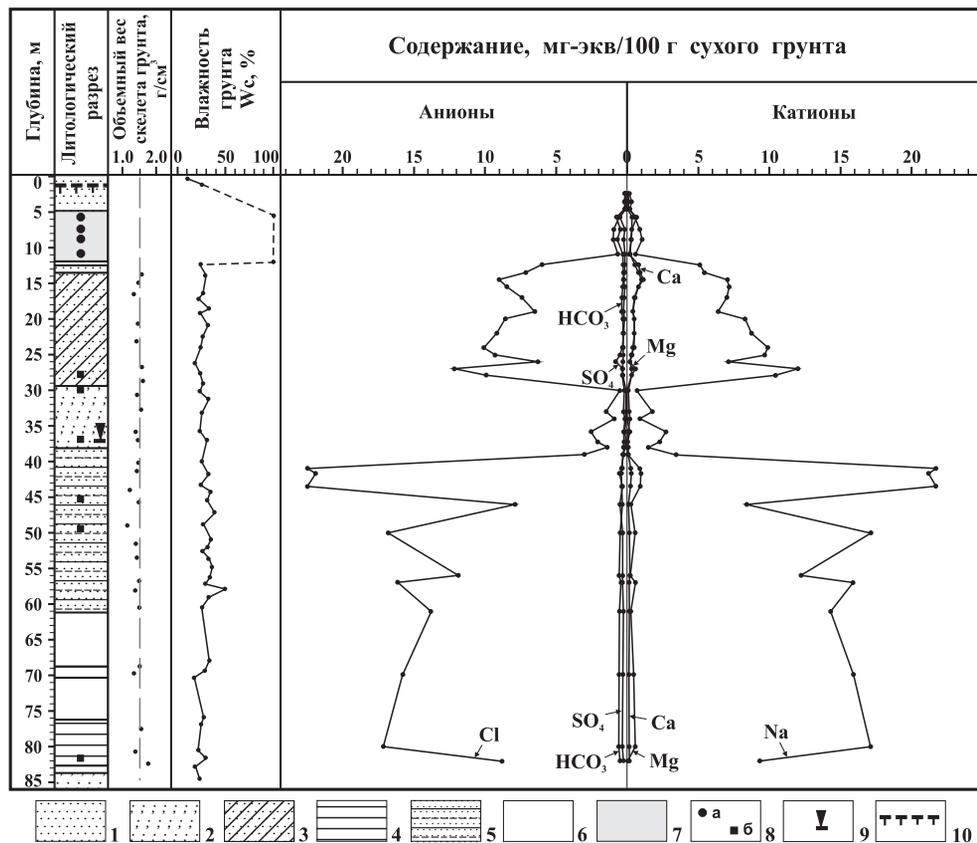


Рис. 6. Геологический разрез и солевой состав грунтов в скв. 3-01. 1 — песок мелкий; 2 — песок пылеватый; 3 — суглинок опесчаненный; 4 — алевритистая глина; 5 — переслаивание глины, алеврита и пылеватого песка; 6 — проходка без подъема керна; 7 — лед; 8 — точки отбора проб: а — на гидрохимический анализ и определение изотопного состава льда; б — на определение минерального состава грунта; 9 — подземная вода (криопэги); 10 — граница мерзлых пород

Описанные выше особенности солевого состава и сверхпластичность придонных отложений шельфа дают основание предполагать их доплейстоценовый возраст и эрозионный характер геологического разреза шельфа. Доказательством этого предположения служат результаты многолетних исследований динамики берега Карского моря, выполненных на стационаре Марре-Сале сотрудниками ВСЕГИНГЕО [8].

Анализ повторных аэро-фото- и космических снимков с использованием ГИС-технологий позволил установить, что с 1969 по 2013 г. ежегодное (среднемноголетнее) отступление подножья береговых обрывов Карского моря в районе пос. Марре-Сале 1,5 м, или составляет ~150 м в столетие. Таким образом, по-видимому, 300–350 лет назад берег моря здесь находился на расстоянии 450–500 м от современного положения, а 500–600 лет назад — на расстоянии 800–900 м. Это означает, что пробуренные в 2014 г. скважины на дне шельфа вскрыли древние субаэральные разрезы.

Скв. 15-14 и 16-14 пробурены напротив уникальной для площади стационара полукольцевой радиально-концентрической морфоструктуры, образованной эрозионной сетью логов и оврагов. Протяженность ее вдоль берега ~1,0 км и ширина ~0,4 км. В береговых обнажениях морфоструктуры в разные годы вскрывались ледяные тела разной морфологии и размеров (пласты, линзы, лакколиты и жилы) мощностью до 10–15 м.

За вытаяванием этих льдов различными исследователями ведутся наблюдения более 40 лет. Морфоструктура была детально изучена авторами статьи [6–8]. В 1986 г. в ее пределах сотрудниками ВСЕГИНГЕО были проведены комплексные исследования, включавшие детальные геофизические работы, разбуривание экстремальных точек электропрофилей (до гл. 12–15 м), криолито-логические исследования керна скважин и береговых обнажений, а также массовое опробование подземных льдов и поверхностных вод для определения их химического и изотопного состава [6]. В 2001 г. в краевой части полукольцевой морфоструктуры на расстоянии ~300 м от берега моря была пробурена скв. 3-01 глубиной 84 м (рис. 1). Абс. отм. устья скважины — 21,5 м, высота над дном лога ~15 м. Разрез этой скважины представлен на рис. 6, а его описание приведено в монографии [6].

Особенности криогенного строения разреза скв. 3-01

свидетельствуют о вторично-внутригрунтовом генезисе ледяных включений (трещинного типа), диагенетических преобразованиях водных (слоистых) отложений и, следовательно, о их древнем возрасте. К таким особенностям относятся: высокая плотность и малая льдистость как глин, так и песков (исключая контакты с ледяными телами); преобладание криогенных текстур массивного типа; редкие включения наклонных и вертикальных ледяных прожилок и прослоек в горизонтально-слоистых глинистых и песчаных отложениях (так же, как вертикальная слоистость ледяного тела, вскрытого в интервале 4,9–12,0 м); наличие слоев мелкооскольчатых алевритистых глин, непосредственно контактирующих с ледяными слоями.

Распределение компонентов минерализации в скв. 3-01 (рис. 6) четко связано с вещественным составом отложений, а следовательно, и с генезисом выделяемых слоев. Морскими отложениями здесь являются только соленые глины, залегающие глубже 38,2 м. Глина эта по составу аналогична алевритистой глине, вскрытой скважинами на морском шельфе. Картина засоленности глины в скв. 3-01 сходна с таковой в скв. 15-14 и 16-14. Содержание солей изменяется в интервале 0,76–1,07 г на 100 г грунта; в составе ионов резко преобладают Cl^- и Na^+ . Очевидно, что эти морские глины подверглись промыванию пресными водами, поскольку они перекрыты типично водными слоистыми песчано-гли-

нистыми отложениями. Так же, как и для отложений из морских скважин, в скв. 3-01 отмечается наличие в составе континентальных солей — Na_2SO_4 и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Что касается ритмично-слоистой глинистой толщи, вскрытой скв. 3-01 в интервале 13,7–29,4 м, то ее генезис и возраст были установлены диаатомовыми исследованиями Е.И. Поляковой (по образцам из берегового обнажения) как озерный и миоценовый [12]. Песок же, залегающий в интервале 29,4–38,0 м, по-видимому, является прибрежно-морским образованием, аналогичным песку в скв. 16-14.

Решение вопроса об абсолютном возрасте донных отложений, вскрытых скважинами ВСЕГИНГЕО, возможно лишь после проведения их детального диаатомового исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимова Н.П. Криогидрохимические особенности мерзлой зоны. — Новосибирск: Наука, 1981.
2. Григорьев Н.Ф. Криолитозона прибрежной части Западного Ямала — Якутск, 1987.
3. Дубровин В.А. Геокриологические исследования в системе недропользования: проблемы, задачи, пути решения // Разведка и охрана недр. — 2009. — № 9. — С. 36–42.
4. Дубровин В.А., Крицук Л.Н. Оценка динамики температурного режима мерзлых пород района Марре-Сале по данным мониторинговых наблюдений / Материалы 4-й конф. геокриологов России. Т. 2. — М.: Изд.-во МГУ, 2011. — С. 236–243.
5. Дубровин В.А., Караванова М.Е., Куликов А.И., Федосеев А.В. Автоматизированные средства измерений и геокриологические базы данных в системе ГМГС / Материалы 1-й конф. геокриологов России. Кн. 2. — М.: Изд.-во МГУ, 1996. — С. 457–465.
6. Крицук Л.Н. Подземные льды Западной Сибири. — М.: Научный мир, 2010.
7. Крицук Л.Н., Дубровин В.А. Результаты изучения геокриологических условий района Марре-Сале в глубоких скважинах / Теория и практика оценки состояния криосферы Земли: Материалы междунар. конф. Т. 1. — Тюмень, 2006. — С. 247–251.
8. Крицук Л.Н., Дубровин В.А., Ястреба Н.В. Результаты комплексного изучения динамики береговой зоны Карского моря в районе метеостанции Марре-Сале с использованием ГИС-технологий // Криосфера Земли. — 2014. — Т. 18. — № 4. С. 59–69.
9. Круподеров В.С., Дубровин В.А. Проблемные аспекты изучения и освоения Арктической криолитозоны / Тр. 10-й конф. по мерзлотоведению. Т. 3. — Тюмень, 2012. — С. 275–279.
10. Павлов А.В., Дубровин В.А., Харитонов Л.П. Экспериментальное изучение термического режима грунтов в арктических районах Западной Сибири // Материалы 1-й конф. геокриологов России. Кн. 1. — М.: Изд.-во МГУ, 1996. — С. 310–320.
11. Пармузин С.Ю., Левантовская Н.П. Тепловое воздействие проектируемого газопровода на участке перехода через Байдаракскую губу / Тр. 1-й конф. геокриологов. Т. 3. — М.: Изд.-во МГУ, 1996. — С. 159–170.
12. Полякова Е.И., Данилов И.Д. Миоцен крайнего севера Западной Сибири // ДАН СССР. — 1989. — Т. 308. — № 2. — С. 428–43.

© Дубровин В.А., Крицук Л.Н., 2015

Дубровин Владимир Александрович // dva946@yandex.ru
Крицук Лариса Николаевна // lnkritisuk@mail.ru

УДК 550-834, 556.3

Барон В.А., Гришин Е.С. (ФГУП «ВСЕГИНГЕО»)

ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ В ИНТЕРАКТИВНОМ РЕЖИМЕ

Рассмотрены варианты осуществления публикации гидрогеологических и инженерно-геологических карт в интерактивном режиме в сети Интернет, исходя из вы-

полнения различных задач. Показан способ интерактивной публикации, разработанный специалистами ВСЕГИНГЕО с учетом специфики гидрогеологических карт. **Ключевые слова:** гидрогеологическая карта, инженерно-геологическая карта, интерактивный режим, картографирование, веб-публикация.

Baron V.A., Grishin E.S. (VSEGINGEO)

TECHNIQUES OF THE HYDROGEOLOGICAL AND ENGINEERING-GEOLOGICAL MAPS REPRESENTATION IN ON-LINE MODE

The paper discusses the variants for possible interactive publication of hydrogeological and engineering-geological maps in the Internet on-line mode, proceeding from implementation of different tasks. There is demonstrated a technique of on-line publication, developed by the specialists from VSEGINGEO, taking into account the specificity of hydrogeological maps. **Key words:** hydrogeological map, engineering-geological map, on-line mode, mapping, web-publication.

Для уяснения актуальности поставленной темы рассмотрим важность двух вопросов, которые входят в нее: публикации цифровых карт и их интерактивность.

В настоящий момент можно выделить два основных вида публикаций картографического материала: на бумажном носителе и в электронной версии. Оба варианта имеют свои особенности и преимущества. Так, карта на бумажном носителе становится доступной для использования сразу после публикации, в то время как электронная версия карты сама по себе не является самодостаточной и для ее просмотра необходимо наличие соответствующих устройств, операционной системы и программной среды. С другой стороны, цифровые версии карт с точки зрения потребительского спроса не привязаны к тиражу и могут быть доступны на различных носителях — будь то простой съемный диск или полноценный FTP-сервер.

Обращение к электронным публикациям существенно расширяет возможности как создателей картографического продукта, так и его потребителей. Если первые могут заложить в результат своей работы гораздо больше информации, чем в бумажной публикации (например, табличные данные), то вторые способны работать с картой на принципиальном другом уровне: получение и копирование информации, представленной отдельными элементами карты, путем выполнения определенных действий, переключение слоев карты, редактирование и др. Таким образом, сама возможность электронных публикаций подразумевает более полное использование их ресурсов, в том числе — интерактивный режим.

Перечисленные особенности касаются картографической продукции любой тематики. Относительно гидрогеологических и инженерно-геологических карт следует указать, что в случае с ними вопрос о публикациях особенно актуален, поскольку упомянутые карты системно не публиковались на бумажных носителях более 20 лет. Отсюда возникает дефицит гидрогеологической и инженерно-геологической информации: потребители лишены возможности использовать результаты изучения подземных вод. Пока ситуация остается таковой, публикации электронных версий карт в сети