Литература

Зубаков Д.Ю. Молекулярно-филогенетическое исследование эволюционной истории байкальских моллюсков эндемичных семейств Baicaliidae и Benedictiidae (Gastropoda, Pectinibranchia): автореф. Дис. канд. бил. наук. Новосибирск: 1999. 17 с.

Мартинсон Г.Г., Бирюкова А.С., Абрамова Л.Н. Находки палеогеновых лимнических моллюсков в Северном Верхоянье и их стратиграфическое значение // Изв. АН СССР. Сер. геологич. 1986. № 6. С. 116–118.

Попова С.М. Кайнозойская континентальная малакофауна юга Сибири и сопредельных территорий. М.: Наука, 1981. 188 с.

Попова С.М., Девяткин Е.В., Старобогатов Я.И. Моллюски кызылгирской свиты Горного Алтая. М.: Наука, 1970. 96 с.

Прозорова Л.А., Ситникова Т.Я., Засыпкина М.О. и др. Пресноводные брюхоногие моллюски бассейна озера Байкал и прилегающих территорий. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Книга 1. Том II. Новосибирск: Наука, 2009. С. 170–188.

Прозорова Л.А., Слугина З.В. Двустворчатые моллюски бассейна озера Байкал и прилегающих территорий. там же. С. 189–201.

Ситникова Т.Я., Старобогатов Я.И., Широкая А.А. и др. Брюхоногие моллюски. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Том I. Озеро Байкал. Книга 2. Новосибирск: Наука, 2004. С. 937–1002.

Слугина З.В., Старобогатов Я.И. Атлас и определитель двустворчатых моллюсков озере Байкал. Новосибирск: Наука, 1999. 144 с.

Старобогатов Я.И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов земного шара. Л.: Наука, 1970. 372 с.

Чернопруд М.В. Биогеографическое районирование пресных вод Евразии по фауне макробентоса //Журнал общей биологии. 2010. Т. 71. № 2. С. 144–162.

Kantor Yu.I., Vinarski M.V., Schileyko A.A., Sysoev A.V. Continental molluscs of Russia and adjacent territories, version 2.3.1. // Ruthenica. 2010. http://www.ruthenica.com/categorie-8.html

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИСКОПАЕМЫХ ПЛАСТОВЫХ ЛЬДОВ О. НОВАЯ СИБИРЬ КАК ОТРАЖЕНИЕ ИХ ГЕНЕЗИСА

В.В. Иванова

Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана имени академика И.С. Грамберга, Санкт-Петербург, v_ivanova@rambler.ru

GEOCHEMICAL FEATURES OF MASSIVE GROUND ICE BODIES (NEW SIBERIA ISLAND) FORMATION AS AN EVIDENCE OF THEIR GENESIS

V.V. Ivanova

All-Russian Research Institute for Geology and Mineral Resources of the World Ocean named by Academician Igor S. Gramberg, St. Petersburg, *v_ivanova@rambler.ru*

Настоящая работа представляет предварительные итоги изучения макро- и микроэлементного состава ископаемых льдов и вмещающих их четвертичных отложений архипелага Новосибирские острова, выполненного в рамках работ экспедиции «Высокоширотная Арктика: Природа и Человек» (российско-американский междисциплинарный научно-исследовательский проект «Жохов-2000»). Эти исследования на протяжении ряда лет (с 2000 г.) осуществляются при поддержке благотворительного научного фонда Rock Foundation (Нью-Йорк, США).

В 2002-2003 г. изучались четвертичные отложения с пластовыми льдами на северо-западе о-ва Новая Сибирь в бухте Мира и на его западном берегу на мысе Высокий (рис. 1). Результаты работ освещались в публикациях предварительного характера (Анисимов, Иванова, 2002; Анисимов и др., 2004). Аналитическая обработка собранных материалов осуществлялась в Центре контроля качества воды (аналитик Л. А. Пролетарская, Санкт-Петербург), данные по их кислородо-изотопному составу были получены д-ром Х. Мейером в Институте Альфреда Вегенера (Германия).

Пластовые льды Новосибирских островов представлены различными по морфологии и генезису типами. Наиболее распространенными являются матовые слоистые льды мощностью до 20-30 метров. Вопрос о генезисе подземных пластовых льдов Новосибирских островов до настоящего времени остается дискуссионным. Хотя о существовании их известно более ста лет, специальных исследований этих льдов почти не проводилось. Генезис этих залежей рядом авторов рассматривался как ледниковый (Анисимов и др., 2007, 2008).

В наиболее полных разрезах на бухте Мира (рис. 2) верхний уровень пластовых льдов имеет двухчленное строение (Анисимов, и др., 2004). По простиранию матовые слоистые льды могут быть представлены двумя подгоризонтами мощностью до 10 м.

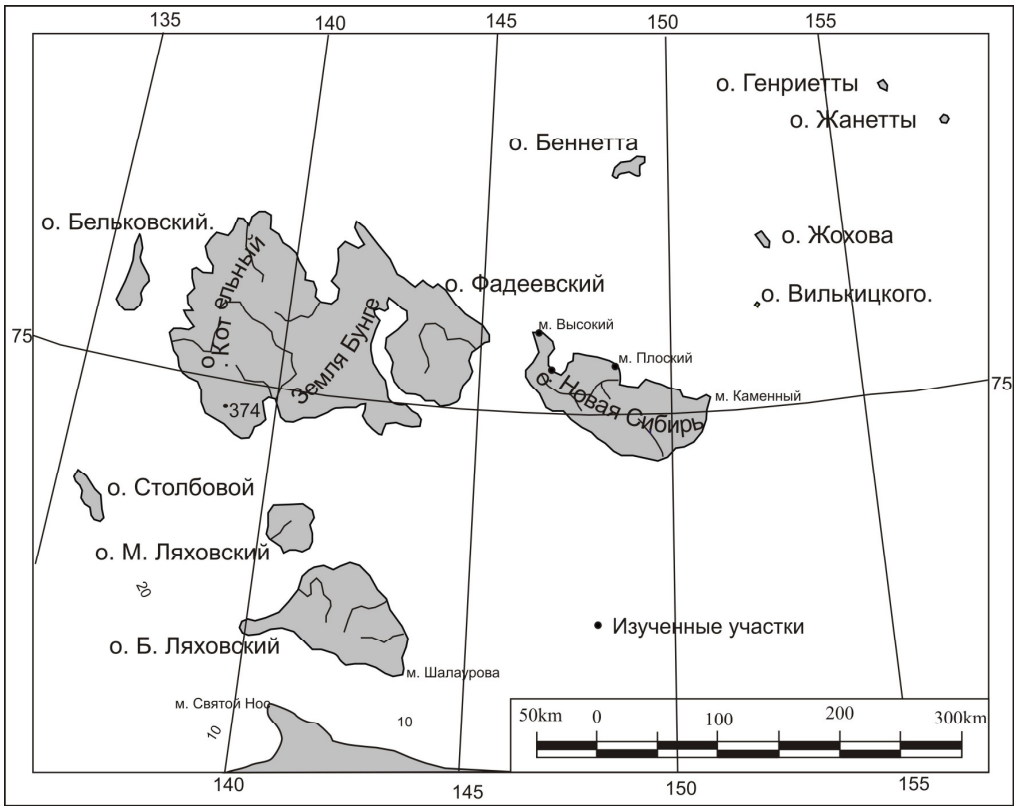

Рис. 1. Обзорная карта района работ

Комплекс матовых слоистых пластовых льдов по резкому несогласному контакту перекрывается толщей прибрежно-морских суглинков мощностью до 5-10 м с остатками малакофауны. Перекрывающая толща неоднородна и имеет сложное строение.

К кровле суглинков на участках протяженностью до 200 м приурочены пластовые льды мощностью до 2,5 м, имеющие линзообразное залегание и иной генезис сравнительно с нижним горизонтом льдов.

Геохимические поля покровных рыхлых отложений, образующиеся в процессе гипергенеза в криолитозоне, унаследуют петро- и геохимическую специализацию подстилающих или вмещающих горных пород. Очевидно, что залежам пластовых льдов – специфическим покровным

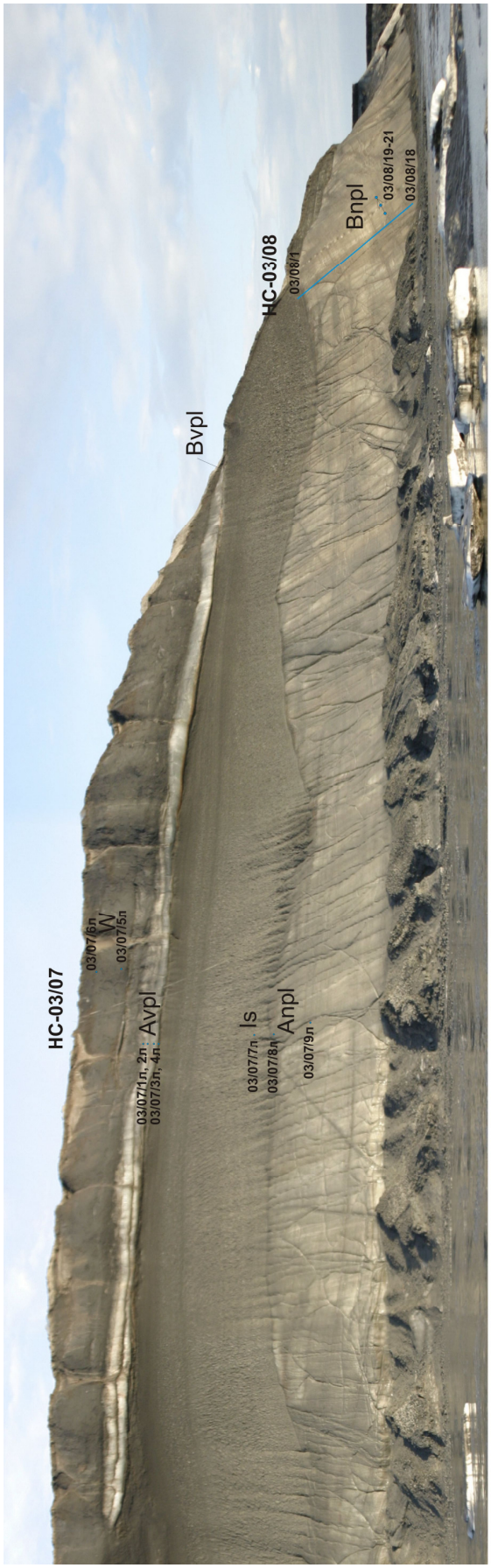

Рис. 2. Основное обнажение пластовых льдов (бухта Мира, о. Новая Сибирь)

отложениям, сформированным в условиях криолитозоны, – также присущи свои геохимические поля. Для выявления общности и различий исследуемых расплавов льда изучались частные выборки, характеризующие различные его фациальные разновидности (рис. 2).

Для залежей ископаемых льдов архипелага Новосибирские острова отмечаются повышенные содержания сидерофильных и литофильных элементов по отношению к различным типам вод, что может отражать геохимическую специализацию вмещающих их отложений. Анализ соотношений катионов и анионов в исследуемых образцах расплавов льда показывает, что выделяется два класса расплавов льда: гидрокарбонатно-натриевый (жильные льды) и хлоридно-натриевый (все остальные типы расплавов).

Источником воды для изученных расплавов льда служили воды различной степени метаморфизации. Ведущим параметром, указывающим на источник воды, является катионная составляющая: Mg, Na, Ca. При этом отношение Mg к Na характеризует преобладание морских вод, а (Na+Ca)/Mg – поверхностных или грунтовых вод. Для большей части изученных типов расплавов льда химический состав определяется ведущей ролью натрия и магния. Для нижнего горизонта пластовых льдов западной части основного обнажения о. Новая Сибирь(bnpl), жильных льдов (w) химический состав определяется соотношением Na+Ca к Mg.

Поведение малых элементов, в частности, РЗЭ определяется условиями образования залежей пластовых льдов. Полученные данные по распределению РЗЭ в расплавах льда указывают на то, что источником воды при образовании нижних горизонтов пластовых льдов служили воды, котактирующие с атмосферой (первично-поверхностный генезис). Для верхних горизонтов пластового льда по распределению РЗЭ в расплавах характерно внутригрунтовое происхождение.

Изотопно-кислородный состав ($\delta^{18}O$) образцов, отобранных из пластовых льдов, варьирует от 8,93‰ (относительно стандарта SMOW) до –29,03‰. Концентрация дейтерия (δD) колеблется от –66,8 до –228,38‰. Дейтериевый эксцесс (d_{exc}) изменяется от -0,07 до 12,32‰ (см. табл.).

Изотопный состав различных фациальных разновидностей пластового льда о. Новая Сибирь

		O^{18} min	O^{18} max	Dmin	Dmax	Dexc min	Dexc max
avpl	4	-17,83	-15,92	-141,25	-126,53	-0,07	1,65
anpl	1	-16,84		-132,12		2,63	
w	1	-29,03		-228,38		3,90	
is	1	-16,25		-127,47		2,56	
bnpl	20	-27,27	-22,89	-209,75	-178,45	4,65	9,11
cnpl	9	-27,88	-8,93	-215,70	-66,80	3,09	8,79
bvpl	3	-17,35	-16,27	-133,28	-117,81	3,31	12,32

Показательно соотношение $\delta^{18}O$ и δD в нижнем и верхнем горизонтах пластового льда, указывающее на различный генезис этих толщ. Образцы льда из нижнего горизонта пластовых льдов в западной части обнажения аппроксимируются прямой линией, описываемой уравнением $\delta D = -3{,}8709+7{,}5781 * \delta^{18}O$. Наклон линии отличается от глобального, а отрицательный свободный член в уравнении отражает процессы изотопного фракционирования. Можно сделать вывод, что генетически лед имел не атмосферное происхождение, он подвергался таянию и повторному замерзанию, при котором в лед включался материал из нижележащих грунтовых слоев. Здесь все точки по образцам из пластовых льдов легли ниже глобальной линии метеорных вод, что указывает на сравнительно медленное промерзание водонасыщенной толщи. Льды верхнего горизонта по изотопному соотношению имеют резко отличный от атмосферного генезис. Они аппроксимируются прямой линией, описываемой уравнением $\delta D = 37{,}8662+10{,}07 * \delta^{18}O$ Отметим также, что значения d-excess практически во всех образцах низ-

кие (менее 10‰), что характерно для вод, подвергавшихся испарительному фракционированию.

Приведенные данные указывают на то, что пластовые залежи в многолетнемерзлых толщах о. Новая Сибирь формировались преимущественно сингенетически в процессе инъекционного льдообразования при промерзании водонасыщенных разуплотненных толщ. Одной из причин, приводившей к формированию пластовых тел, могло быть затопление прибрежной низменности, которое приводило к резкому охлаждению воды и донной суспензии, промерзанию и льдообразованию.

Приуроченность залежи к участку приморской низменности, подвергавшейся морским трансгрессиям, и особенности состава и строения вмещающих отложений, указывают на определенную роль динамики морского бассейна в ее формировании. Предположение об инъекционном происхождении льда объясняет особенности его химического состава и различную степень минерализации расплавов льда, отобранных в различных частях разреза нижнего горизонта пластовых льдов. Верхний горизонт пластовых льдов имеет, видимо, внутригрунтовое происхождение в результате сегрегационного льдообразования.

Благодарности

Автор считает необходимым поблагодарить М.А. Анисимова (ААНИИ, Санкт-Петербург), В.Е. Тумского (МГУ, Москва), П. А. Никольского и А. Э. Басиляна (оба – ГИН РАН, Москва), на протяжении ряда лет принимавших активное участие в сборе полевых материалов и обсуждении результатов работы. Отдельная благодарность д-ру Ханно Мейеру (Институт Альфреда Вегенера, Германия), благодаря любезному согласию которого были получены аналитические данные по кислородно-изотопному составу пластовых льдов о. Новая Сибирь, и аналитику Л. А. Пролетарской («Водоканал», Санкт-Петербург), занимавшейся обработкой геохимических проб. Нельзя не отметить, что вся эта работа была бы невыполнима без поддержки, оказываемой на протяжении ряда лет проекту «Жохов-2000» (руководитель – В. В. Питулько, ИИМК РАН, Санкт-Петербург) благотворительным научным фондом Rock Foundation (Нью-Йорк, США). Автор выражает признательность агентству “ВИКААР” (Санкт-Петербург) и лично Е. П. Савченко за логистическое сопровождение работ проекта “Жохов-2000”.

Литература

Анисимов М.А., Иванова В.В. Геохимия позднеплейстоценовых и голоценовых отложений острова Новая Сибирь // Материалы международного совещания «Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения». Архангельск, 2002. Т. 2. С. 167–172.

Анисимов М.А., Тумской В.Е., Иванова В.В. Пластовые льды Новосибирских островов как реликт древнего оледенения // XIII Гляциологический симпозиум: Сокращение гляциосферы: факты и анализ. Санкт-Петербург 24-28 мая 2004г. Тезисы докладов. СПб., 2004. С. 37–38.

Анисимов М.А., Тумской В.Е, Басилян А.Э, Никольский П.А. Пластовые льды Новосибирских островов – значимый фактор рельефообразования в прошлом и настоящем // Моря высоких широт и морская криосфера. СПб., 2007. С. 20–21.

Анисимов М.А., Басилян А.Э., Никольский П.А. Плейстоценовое оледенение Новосибирских островов – сомнений больше нет // Новости МПГ. 2008. Информационный бюллетень № 12. С 7–9.