

Исследованиями плейстоценовых отложений на севере Печорской низменности [Горюнов, 1963] выявлена зависимость между литолого-фациальным строением толщи ледово-морских плейстоценовых отложений и химическим составом легкорастворимых солей, содержащихся в них. Установлено, что качественный состав и количественное содержание легкорастворимых солей меняются по разрезу плейстоценовых отложений, а также на площади Печорской низменности в одних и тех же литолого-стратиграфических горизонтах. Например, снизу вверх по разрезу плейстоценовых отложений наблюдается переход от наиболее выдержанной на площади толщи темно-серых относительно глубоководных глин и суглинков с редкой галькой и валунами к толще прибрежно-морских песков, в верхней части которой присутствуют гравийно-галечные прослои, прослои глин и валунных суглинков. Последние часто венчают разрез плейстоценовых отложений на водоразделах. Одновременно с переходом от толщи темно-серых суглинков и глин к толще песков с прослоями галечников, глин и суглинков, уменьшается содержание легкорастворимых солей в водных вытяжках, меняется их состав: резко снижается содержание хлоридов, катионов калия и натрия, в меньшей степени - сульфатов; вместе с тем возрастает доля солей кальция и в меньшей степени - магния. При этом следует подчеркнуть, что исследовались литологически близкие глинистые и суглинистые разновидности пород. Наиболее обогащенные легкорастворимыми солями и, в частности, хлоридами и сульфатами калия и натрия, глубоководные глины и суглинки содержат наиболее разнообразный в видовом отношении комплекс морской макро- и микрофауны, в то время как вышележащие пески с прослоями суглинков и глин бедны видами фауны.

Та же картина связи литолого-фациального строения плейстоценовых отложений и состава легкорастворимых солей наблюдается на площади. В северных, прибрежных районах Печорской низменности, и в частности, в районе нижнего течения р. Печоры, толща темно-серых суглинков и глин имеет наиболее сортированный характер, содержит наименьшее количество включений грубообломочного материала и богатую видами морскую фауну.

При движении на юг, юго-восток и юго-запад Печорской низменности преобладающими в разрезе толщи становятся грубые, слабо сортированные валунные суглинки, содержащие редкие остатки бедной видами морской фауны. Одновременно с этим в отложениях уменьшается количество легкорастворимых солей, а среди последних падает содержание хлоридов и в меньшей степени - сульфатов калия и натрия. Если в северных, прибрежных районах Печорской низменности в составе легкорастворимых солей преобладают хлориды и сульфаты калия и натрия, то в центральных и юго-восточных районах бикарбонаты и сульфаты кальция [Горюнов, 1963].

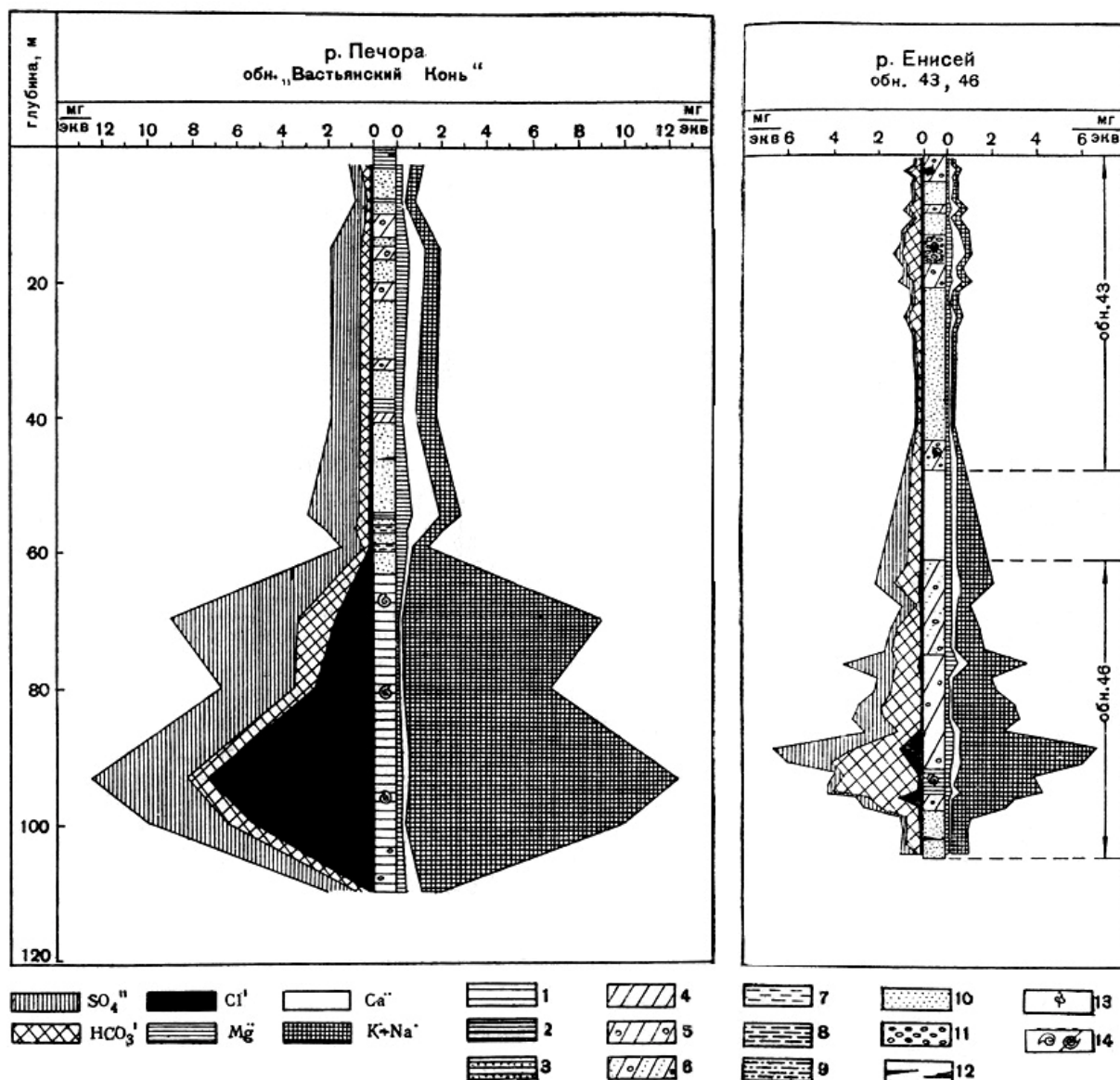


Рис. 1. График содержания легкорастворимых солей в водных вытяжках из плейстоценовых отложений, вскрытых обнажениями в нижнем течении рек Печоры и Енисея: 1 - глина; 2 - глина ленточная; 3 - глина с прослоями песка; 4 - суглинок; 5 - валунный суглинок; 6 - валунный суглинок с прослоями песка; 7 - алеврит; 8 - алеврит горизонтальнослоистый; 9 - супесь; 10 - песок; 11 - валунно-галечные отложения; 12 - линзы намывного торфа; 13 - растительные остатки; 14 - остатки морской фауны моллюсков (целые экземпляры и обломки).

Установленная зависимость литолого-фациального строения плейстоценовых отложений и химического состава легкорастворимых солей, содержащихся в них, позволяет предполагать, что качественный состав и количественное содержание солей отражают соленость среды осадконакопления и первичный солевой состав иловых вод донных осадков. Установленные закономерности подтверждены исследованиями В.Д. Безродного [1966] при изучении подземных вод плейстоценовых отложений Печорской низменности.

Сказанное не означает, конечно, что солевой состав плейстоценовых морских отложений прямо соответствует солености иловых вод донных морских осадков и солевому составу вод морского бассейна. В процессе диагенеза морских плейстоценовых отложений состав легкорастворимых солей в них менялся. Но и в измененном виде он позволяет судить о солености вод бассейна седиментации и ее изменении во времени и пространстве. Сохранению, консервации легкорастворимых солей в плейстоценовых

отложениях севера Печорской низменности способствует наличие вечной мерзлоты, которая препятствует промыванию отложений атмосферными водами.

Результаты исследований района Печорской низменности были сопоставлены с данными по литологическому строению и химическому составу легкорастворимых солей ледово-морских плейстоценовых отложений севера Западной Сибири в районе нижнего течения р. Енисея. Это сопоставление важно с методической стороны, с точки зрения обоснования возможности восстановления палеогеографической и, в частности, геохимической обстановки осадконакопления плейстоценовых морских отложений методом изучения легкорастворимых солей, ибо широко распространены представления, согласно которым современный состав легкорастворимых солей в плейстоценовых отложениях претерпел столь существенные изменения, что не может даже приближенно отражать первичную соленость среды осадконакопления и солевой состав иловых вод донных осадков на стадии сингенеза и раннего диагенеза.

Как известно, в строении плейстоценовых отложений Печорской низменности и севера Западной Сибири наблюдается большое сходство [Иванов, 1966].

В основании разреза плейстоценовых отложений в обоих названных районах часто залегает слой песков, галечников и валунно-галечных отложений, выше которого в понижениях рельефа коренных пород отмечаются слоистые алевриты и глины с небольшим количеством крупнообломочного материала (колвинско-падимейские в Печорской низменности и туруханские - на Енисее). В пределах Печорской низменности и приенисейского севера Западной Сибири широко развита мощная (40-60, максимально до 100-200 м) толща темно-серых суглинков и глин с характерной оскольчатой структурой, включениями гальки, гравия и редкими валунами. В Печорской низменности эта толща носит название воркутинского горизонта [Иванов, 1961] или роговской свиты [Иванов, 1963; Козлов, 1966 и др.].

На приенисейском севере эти отложения известны как валунные санчуговские глины и суглинки [Иванов, 1951], и генезис их всеми авторами признается морским (чисто морским, ледово- или ледниково-морским). В Печорской низменности темно-серые глины и суглинки с валунами одни авторы [Иванов, 1961; Козлов, 1961; Козлов, 1966; Козлов, 1966; Козлов, 1966 и др.] рассматривают как ледово- или ледниково-морские, другие [Козлов, 1947; Козлов, 1948; Козлов, 1947; Козлов, 1964; Козлов, 1968; Козлов, 1968] - как континентально-ледниковые.

Литологическое и палеонтологическое сходство санчуговских отложений низовьев р. Енисея и толщи темно-серых валунных и безвалунных суглинков и глин Печорской низменности (воркутинский или роговской горизонт) указывает на близкие палеогеографические условия формирования этих отложений. Вероятно, их накопление происходило на дне ледовитого, полярного, шельфового моря. Об этом же свидетельствуют аналогичные условия залегания пород, их широкое площадное распространение и значительные мощности.

Темно-серые валунные и безвалунные глины и суглинки в Печорской низменности и на севере Западной Сибири вверх по разрезу переходят в толщу мелко- и среднезернистых песков, в верхней части которых присутствуют многочисленные гравийно-галечные прослойки. Слоистость песков самая разнообразная: горизонтальная, волнистая, косая. В песках прослеживаются тонкие прослойки растительного детрита, линзы намывного торфа, обломки древесины и остатки морской фауны. Толща песков в Печорской низменности известна под названием вашуткинских, а в низовьях р. Енисея - водораздельных (никитинских) прибрежно-морских отложений.

Выше прибрежно-морских песков на водоразделах залегают породы, представляющие сложный комплекс с чередованием валунных и безвалунных суглинков, глин, галечников и песков. Валунные суглинки плохо сортированы, содержат большое количество гальки, гравия и обычно рассматриваются как континентальные моренные отложения зырянского ледникового покрова. В Печорской низменности в них

обнаружены немногочисленные фаунистические остатки, что позволило относить их к ледово-морским отложениям [Иванов, 1961].

В районе нижнего течения р. Енисея верхние («зырянские») валунные суглинки изучались в хорошо известных разрезах на правом берегу р. Енисея между г. Дудинка и пос. Караул. Для суглинков характерна слабо выраженная горизонтальная слоистость, в ряде случаев они содержат тонкие прослойки намывного торфа и сильно дробленного растительного детрита, а также обломки морских раковин, которые образуют скопления в гравийно-галечных прослоях. В валунных суглинках обнаружены конкреции сульфидов железа, идентичные встреченным в нижележащих санчуговских суглинках и глинах. Суглинки содержат богатый в видовом и количественном отношении, экологически однородный комплекс фораминифер. Этот комплекс более богат и разнообразен видами, чем комплекс нижележащих водораздельных прибрежно-морских песков и верхней части санчуговских отложений. Кроме того, верхние валунные суглинки содержат раковины агглютинирующих (песчаных) фораминифер: *Trochammina conf. quadriloba* Höglund, *Trochammina* sp. 1, *Haplophragmoides* sp. 1, которые не встречены в нижележащих горизонтах плейстоценовых отложений района нижнего течения Енисея. Вышеприведенные факты позволяют утверждать, что накопление приповерхностных водораздельных валунных суглинков в низовьях Енисея происходило в морских условиях [Иванов, 1969].

Изучение состава легкорастворимых солей в водных вытяжках проводилось по наиболее полным и хорошо изученным разрезам. Исследование велось по единой методике, что делает результаты вполне сравнимыми.

На р. Печоре было изучено известное обнажение «Вастьянский Конь», расположенное на правом берегу реки против с. Великовисочное и подробно описанное в работе А.И. Попова [1963]. Абсолютная высота бровки обнажения 105 м. В верхней его части вскрывается мощная (65 м) толща прибрежно-морских, возможно дельтовых, песков с прослоями слоистых глин, супесей и валунных суглинков. В нижней части обнажения залегают темно-серые, неслоистые глины (мощностью 30-40 м) с морской макро- и микрофауной. В основании разреза в глинах появляется галька, гравий и редкие валуны.

Кроме того, был исследован керн скважины глубокого бурения № 6, которая расположена на низкой пойме острова в русле р. Печоры близ г. Нарьян-Мара. Под аллювиальными песками р. Печоры скважиной вскрыта мощная толща слабо сортированных суглинков с гравием и галькой. В нижней половине разреза в суглинках отмечается неясная горизонтальная слоистость и прослойки хорошо сортированных глин. Близ подошвы плейстоценовых отложений скважиной вскрыты два слоя глин, чередующихся с тонкими прослойками песка и супеси, разделенные серыми, слабо сортированными суглинками. В основании разреза скважины на контакте с коренными породами залегают валунно-галечные отложения. Поскольку верхняя часть плейстоценовых отложений скважиной не вскрыта, вследствие ее положения в долине р. Печоры, разрез дополнен обнажением № 2, расположенным на правом берегу р. Куи к востоку от г. Нарьян-Мара. В верхней части обнажения залегают суглинки с галькой и гравием, с прослоями слоистых глин и песков. В суглинках, песках и глинах присутствуют многочисленные остатки раковин морских моллюсков. Нижняя половина разреза представлена мелкозернистыми желтыми песками также с остатками морской фауны моллюсков.

В районе нижнего течения р. Енисея изучены два обнажения на участке между г. Дудинка и пос. Усть-Порт. Первое из них (обнажение № 43) расположено на правом берегу р. Енисея против о. Никитинский, в 8 км ниже устья р. Малышевки. Обнажение вскрывает разрез высокой водораздельной гряды с абсолютными отметками 115 м. В верхней части обнажения до глубины 20-22 м от кровли залегают комплекс пород, представленный чередованием валунных суглинков, песков и валунно-галечных отложений. В валунных суглинках, разделяющих их песках и галечниках обнаружен

богатый комплекс фораминифер (19 видов). В суглинках находятся также обломки раковин морских моллюсков, тонкие прослои растительного детрита и округлые стяжения сульфидов железа, в галечниках наблюдаются скопления древесных остатков. Ниже названного комплекса пород залегает толща мелко- и среднезернистых в основном горизонтально-слоистых песков мощностью 20-25 м. В основании обнажения вскрываются темно-серые оскольчатые суглинки с галькой и гравием.

Разрез характерен для верхней части плейстоценовых отложений в пределах возвышенных водоразделов правобережья нижнего течения р. Енисея. Он хорошо дополняется обнажением № 46, расположенным на правом берегу р. Енисея в 1 км ниже устья р. Зырянки. В обнажении вскрывается толща (30-40 м мощностью) санчуговских суглинков с гравием, галькой, валунами и глин с остатками морской фауны. Суглинки и глины содержат богатые комплексы фораминифер. Ниже санчуговских суглинков и глин залегают мелкозернистые пески с линзами намывного торфа, относимые В.Н. Саксом [1951] к мессовским.

В районе нижнего течения р. Енисея исследован также разрез глубокой скважины № 26а, расположенной в бассейне р. Б. Хеты. Абсолютная высота устья скважины 81 м. В верхней части она вскрывает слоистые алевриты, ленточные глины и супеси, ниже которых залегают пески с остатками морских раковин. Средняя часть разреза сложена суглинками с морской фауной, алевритами, супесями с галькой и переслаиванием супесей и глин. В этой же части разреза наблюдается наиболее богатая микрофауна фораминифер.

Наконец, в основании скважины вскрываются преимущественно песчаные и песчано-галечные породы с прослоями суглинков с галькой, содержащие бедные комплексы фораминифер.

Характер распределения легкорастворимых солей по разрезам обнажений и скважин в районах нижнего течения рек Печоры и Енисея весьма близок (рис. 1, 2). Наиболее обогащены легкорастворимыми солями отложения, которые вскрываются в обнажении «Вастьянский Конь» (нижнее течение р. Печоры). Общее содержание легкорастворимых солей достигает здесь 767,9 мг на 100 г породы и более чем в 2 раза превышает содержание легкорастворимых солей в породах, вскрывающихся в обнажениях низовьев р. Енисея (до 240,2 - 350,9 мг на 100 г породы). Однако содержание легкорастворимых солей в образцах из скважины 26-а района р. Енисея достигает 534-652 мг на 100 г породы и превышает их содержание в скважине 6 р. Печоры.

Картина распределения легкорастворимых солей в водных вытяжках по разрезу во всех случаях обнаруживает одни и те же закономерности. Наиболее обогащены легкорастворимыми солями алевриты, суглинки и глины с морской фауной и включениями крупнообломочного материала (либо без них), слагающие нижнюю, а в скважинах и среднюю, часть вскрытого разреза плейстоценовых отложений (воркутинский и санчуговский горизонты). Содержание легкорастворимых солей в прослоях глин и суглинков из вышележащей толщи песков и в приповерхностных валунных суглинках значительно ниже (в 3-6 раз). Также оно сравнительно низко в песках, подстилающих толщу темно-серых глин, суглинков и алевритов (скв. 26-а, обн. 46).

Качественный состав легкорастворимых солей обнаруживает четкие изменения по разрезу отложений. В глинах, суглинках и алевритах, которые слагают нижнюю и среднюю (в скважинах) часть разреза и являются наиболее глубоководными фациями морских отложений, среди анионов резко повышено содержание хлора. В скважине 6 и обнажении «Вастьянский Конь» на р. Печоре хлор преобладает над прочими анионами. Увеличение содержания хлора менее резко выражено в санчуговских суглинках и глинах, вскрывающихся в обнажении на р. Енисее.

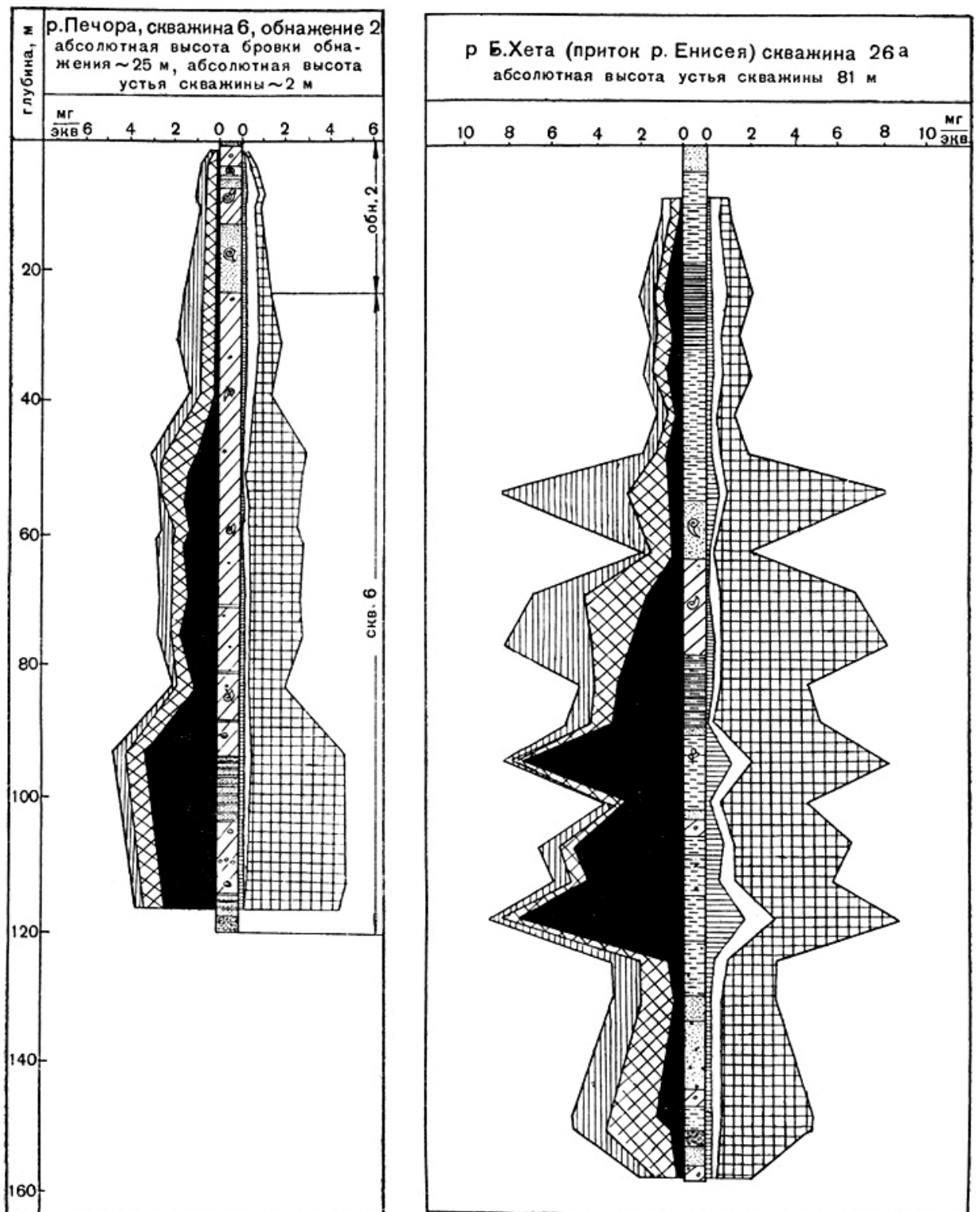


Рис. 2. График содержания легкорастворимых солей в водных вытяжках из плейстоценовых отложений, вскрытых глубокими скважинами в нижнем течении рек Печоры и Енисея (условные обозначения те же, что и на рис. 1).

В обнажениях в толще суглинков и глин наряду с повышением содержания хлора заметно увеличено количество сульфат-ионов. В алевритах, суглинках и глинах, вскрытых скважинами, повышения сульфат-ионов обычно не отмечается, за исключением нескольких образцов из скважины 26-а (район р. Енисея).

Химический состав поровых вод современных донных осадков арктических морей и легкорастворимых солей в водных вытяжках из ледово-морских плейстоценовых глин и суглинков

Вид воды и анализа	Место отбора образцов	Общая минерализация		Cl ⁻		SO ₄ ⁿ		HCO ₃ '		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		Na ⁺ + K ⁺	
		г/л	мг-экв/л	г/л	мг-экв/л	г/л	мг-экв/л	г/л	мг-экв/л	г/л	мг-экв/л	г/л	мг-экв/л	г/л	мг-экв/л
Вода океана		35,94	1263	19,8	558,3	2,76	57,50	0,14	2,30	0,42	20,95	1,33	109,38	11,22	487,8
Поровая вода донных осадков. Средние значения. По данным Н. В. Тагеевой и др. (1961)	Северный Ледовитый океан	39,46	1363	21,82	615,4	2,99	62,36	0,2433	3,90	0,4048	20,59	1,346	110,70	1,27	550,7
	Баренцево море	42,50	1449	21,48	605,5	5,11	106,42	—	12,99	0,587	29,15	1,544	127,0	13,08	568,7
	Карское море	44,05	1457	21,57	660,1	3,0	62,95	—	—	—	—	1,267	104,28	14,03	610,0
	Обская губа	30,85	1051	15,85	447,2	3,41	71,14	0,4217	6,91	0,331	16,53	0,977	80,50	9,85	428,3
	Чукотское море	40,02	1374	21,39	602,5	3,916	81,57	0,1026	2,81	0,4861	24,25	1,298	106,75	12,79	556,1
	Берингово море	3,45	1189	19,57	550,0	1,412	29,43	1,0355	16,97	0,3273	16,33	1,207	99,33	10,97	477,0
		г/л	мг-экв	г/100 г	мг-экв	г/100 г	мг-экв	г/100 г	мг-экв	г/100 г	мг-экв	г/100 г	мг-экв	г/100 г	мг-экв
Водные вытяжки из глубоководных ледово-морских плейстоценовых глин и суглинков. Максимальные значения	р. Печора	767,9	24,80	255,6	7,20	201,6	4,20	61,0	1,0	4,0	0,20	4,8	0,40	271,4	11,80
	то же	637,5	20,64	192,4	5,42	168,0	3,50	73,0	1,4	4,0	0,20	2,4	0,20	228,2	9,92
	»	587,5	18,08	61,8	1,74	264,0	5,50	103,6	1,8	3,0	0,15	0,6	0,05	203,3	8,84
	»	429,0	13,54	89,5	2,52	153,6	3,20	60,9	1,05	4,0	0,20	1,2	0,10	148,8	6,47
	р. Енисей	642,0	16,54	82,0	2,35	192,0	4,00	53,0	1,92	5,0	0,25	5,0	0,40	305,0	7,62
	то же	638,0	13,48	54,0	1,55	111,0	2,31	68,0	2,88	9,0	0,45	1,0	0,10	395,0	6,19
»	411,2	13,16	35,5	1,0	159,8	3,33	137,2	2,25	5,8	0,29	3,5	0,29	138,0	6,0	
»	350,9	11,92	21,3	0,6	89,3	1,86	213,5	3,50	7,8	0,39	0,39	2,9	0,24	122,6	5,33

Бикарбонаты распределены по разрезам следующим образом. В низовьях р. Печоры существенных изменений в содержании бикарбонатов по разрезу не обнаруживается. В обнажениях по р. Енисею отмечается значительное увеличение бикарбонатов в санчуговских суглинках и глинах по сравнению с вышележащей толщей песков и приповерхностными прослоями валунных суглинков. В меньшей степени это увеличение выражено в скважине 26-а.

Абсолютные значения содержания бикарбонатов и карбонатов в санчуговских суглинках и глинах из обнажений района р. Енисея превышают таковые в морских глинах и суглинках района р. Печоры, несмотря на то, что общее содержание солей в первом случае в два раза ниже, чем во втором. Суммарное содержание карбонат- и бикарбонат-ионов в санчуговских суглинках и глинах р. Енисея достигает в обнажениях 219,6 - 225,7, а в скважинах 163-176 мг на 100 г породы, тогда как в толще глин и суглинков района р. Печоры не превышает 73,0 - 103,6 мг на 100 г породы. Показательно также наличие в санчуговских глинах и суглинках приенисейского района глинисто-карбонатных конкреций, которые не характерны для толщи темно-серых глин и суглинков района Печорской низменности.

Все это говорит о том, что в морские донные осадки приенисейского района во время накопления толщи санчуговских глин, суглинков и алевритов поступало значительное количество водно-растворимых карбонатов. Следует отметить, что содержание бикарбонатов в верхних валунных суглинках в приенисейском районе также почти в два раза превышает их содержание в районе р. Печоры (до 48,8 - 54,9 мг на 100 г породы в первом случае и до 27,4 - 30,5 мг на 100 г породы - во втором).

Повышенное содержание карбонатов и бикарбонатов в водных вытяжках в приенисейском районе нельзя объяснить поступлением в донные осадки большого количества обломков карбонатных пород из областей сноса. Результаты минералогического анализа песчаной фракции показывают, что глины и суглинки воркутинского горизонта в районе Печорской низменности содержат даже большее количество карбонатов, чем санчуговские отложения в приенисейском районе. В низовьях р. Печоры содержание карбонатов в тяжелой фракции колеблется от 3-6 до 24,4%; в легкой фракции достигает 1,0-3,1%. В районе нижнего течения Енисея, в бассейне р. Б. Хета и близ мыса Сопочная Корга (по данным Н.Г. Загорской [Загорская Н.Г., 1965]) санчуговские и более древние плейстоценовые отложения, вскрытые глубокими скважинами на всю мощность, содержат небольшое количество карбонатов. В легкой фракции содержание их не превышает 1%, в тяжелой фракции в количествах до 5% отмечается сидерит, который авторы относят к минералам аутигенной группы.

В водораздельных вашуткинских песках Печорской низменности содержание карбонатов в тяжелой фракции достигает 23,5%, а в галечниках - 40,7%; в легкой фракции вашуткинских песков оно составляет 1,1-6,8%, увеличиваясь иногда в приповерхностных галечниках до 43,4%. В то же время содержание карбонатов в водных вытяжках из этих же образцов незначительно, а глинисто-карбонатные конкреции в породах отсутствуют.

Повышенное поступление в морские осадки растворимых карбонатов в районе нижнего течения р. Енисея, по сравнению с Печорской низменностью, объясняется различиями в палеогеографических условиях этих двух районов. Климат Западной Сибири, особенно ее восточных частей и прилегающих районов Средне-Сибирского плоскогорья, во время накопления морских плейстоценовых отложений отличался так же, как и в настоящее время, значительно большей континентальностью, чем климат Печорской низменности. С континентальностью климата восточных районов севера Западной Сибири и северо-западных окраин Средне-Сибирского плоскогорья, вероятно, и связано повышенное содержание воднорастворимых карбонатов в осадках и, как следствие этого, - образование глинисто-карбонатных конкреций в различных типах бассейновых отложений.

В распределении катионов по разрезам обоих районов наблюдается значительно более однообразная картина. В толще темно-серых валунных и безвалунных глубоководных глин, суглинков и алевритов резко преобладают катионы калия и натрия. Содержание катионов кальция и магния незначительно. В верхней толще песков с прослоями глин и суглинков и в приповерхностных валунных суглинках состав катионов качественно меняется. Резко снижается содержание калия и натрия при одновременном увеличении количества кальция и магния. Содержание последних в сумме превышает в большинстве случаев содержание калия и натрия. В песках, подстилающих толщу глин, суглинков и алевритов, несмотря на уменьшение катионов калия и натрия, они преобладают над катионами кальция и магния (обн. 46, скв. 26-а - р. Енисей).

Таким образом, для толщи морских относительно глубоководных глин, суглинков и алевритов, вскрытых скважинами в обоих районах, характерен хлоридно-калиево-натриевый состав легкорастворимых солей в водных вытяжках. Для глин и суглинков в обнажениях р. Печоры свойствен хлоридно-сульфатно-калиево-натриевый, а района р. Енисей бикарбонатно-сульфатно-калиево-натриевый состав легкорастворимых солей. В толще мелководных прибрежно-морских песков с прослоями глин, суглинков и в приповерхностных валунных суглинках обоих районов состав легкорастворимых солей бикарбонатно-сульфатно-магниевый-кальциевый.

Отмеченные закономерности в изменении качественного состава и количественного содержания легкорастворимых солей по разрезу плейстоценовых отложений отражают изменения в геохимических условиях среды осадконакопления.

Во время накопления глубоководных морских глин, суглинков и алевритов, содержащих разнообразную в видовом и богатую в количественном отношении макро- и микрофауну, соленость вод морского бассейна была наибольшей и, вероятно, приближалась к нормальной. Поэтому глины, суглинки и алевриты, слагающие нижнюю к средней части приведенных выше разрезов, отличаются наиболее высоким содержанием легкорастворимых солей и преобладанием среди них хлоридов и в меньшей степени - сульфатов, а в приенисейском районе и бикарбонатов, калия и натрия.

В период накопления более мелководных, прибрежно-морских отложений морские воды были существенно опреснены, вследствие влияния стока рек Печоры и Енисея. Результатом этого явилось обеднение пород легкорастворимыми солями: в первую очередь - хлоридами калия и натрия. Влияние пресных вод сказалось также в повышении абсолютного содержания и относительного значения солей кальция. Опреснение морского бассейна привело одновременно и к обеднению видового состава макро- и микрофауны и резкому уменьшению количественного содержания в осадках фораминифер.

Таким образом, как в районе нижнего течения р. Печоры, так и в низовьях р. Енисея закономерности изменения количественного содержания и качественного состава легкорастворимых солей в плейстоценовых отложениях весьма близки. Это позволяет утверждать, что характер распределения легкорастворимых солей по разрезу плейстоценовых отложений не является случайным, а отражает последовательное изменение во времени фациальных условий осадконакопления.

Если сравнить состав легкорастворимых солей в водных вытяжках из ледово-морских плейстоценовых отложений и состав солей в иловых водах современных донных осадков арктических морей по данным Н.В. Тагеевой, М.М. Тихомировой и В.В. Коруновой [1961], то можно сделать следующие выводы (таблица). Для иловых вод современных донных осадков арктических морей характерно резкое преобладание хлоридов калия и натрия над прочими солями. Относительно высоко содержание сульфатов. Содержание катионов кальция крайне незначительно по сравнению с катионами калия и натрия. Несколько выше количество катионов магния. Иными словами, качественный состав солей в иловой воде близок качественному составу легкорастворимых солей в относительно глубоководных ледово-морских плейстоценовых глинах, суглинках и алевритах районов нижнего течения рек Печоры и Енисея. И в том и в

другом случае характерно резкое преобладание солей калия и натрия над прочими солями, а также низкое содержание солей кальция. Процентное содержание хлоридов в иловых водах современных донных осадков выше, чем в составе легкорастворимых солей из водных вытяжек. Но и в последнем случае характерно повышенное содержание хлоридов, в большинстве случаев резко преобладающих над прочими солями. Соотношения сульфатов и бикарбонатов в водных вытяжках из ледово-морских плейстоценовых отложений не всегда столь постоянные, как в иловых водах, где сульфаты постоянно и существенно преобладают над бикарбонатами. Аналогичная картина преобладания сульфатов над бикарбонатами отмечается на р. Печоре в морских глинах обнажения «Вастьянский Конь». В других случаях соотношения бикарбонатов и сульфатов различные на разных участках разреза морских глин, суглинков и алевритов.

На основе вышеизложенного можно утверждать, что качественный состав легкорастворимых солей в водных вытяжках из глубоководных ледово-морских плейстоценовых отложений севера Печорской низменности и Западной Сибири близок качественному составу иловых вод современных донных осадков арктических морей.

Сравнительно оценить степень минерализации иловых вод донных осадков и ледово-морских плейстоценовых отложений трудно, поскольку в первом случае мы имеем дело с отжатым под большим давлением поровым раствором, минерализация которого определяется в граммах на 1 л раствора, а во втором - с водными вытяжками из 100 г навески сухой породы. Но вместе с тем очевидно, что минерализация поровых растворов современных донных осадков намного выше минерализации ледово-морских плейстоценовых отложений, прошедших стадию диагенеза и подвергавшихся влиянию вторичных процессов, в частности, процессов промыва атмосферными водами в субаэральных условиях (до промерзания).

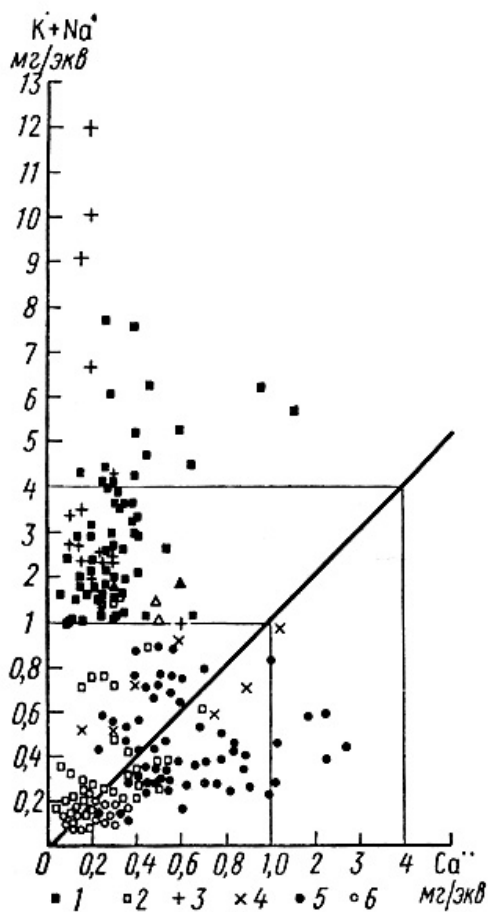


Рис. 3. График содержания ионов кальция, калия и натрия в водных вытяжках из плейстоценовых ледово-морских отложений. 1 — р. Енисей, глубоководные ледово-морские глины, суглинки и алевриты; 2 — р. Енисей, прослой глины и суглинков в прибрежно-морских песках, верхние валунные суглинки; 3 — р. Печора, глубоководные ледово-морские глины и суглинки; 4 — р. Печора, прослой глины и суглинков в прибрежно-морских песках, верхние валунные суглинки; 5 — центральные и восточные районы Печорской низменности, глубоководные ледово-морские глины и суглинки; 6 — центральные и восточные районы Печорской низменности, прослой глины и суглинков в прибрежно-морских песках, верхние валунные суглинки

Для того, чтобы иметь возможность сравнить состав легкорастворимых солей большего числа образцов из разных районов, был составлен график (рис. 3), на котором фигурными значками нанесена концентрация с одной стороны ионов кальция, с другой - калия и натрия. Анализ графика, так же как и двух предыдущих, показывает, что для глубоководных морских валунных и безвалунных, относительно хорошо сортированных глин, суглинков и алевролитов с остатками фауны районов нижнего течения рек Печоры и Енисея (прямые кресты и черные квадраты) характерно резкое преобладание катионов калия и натрия над катионами кальция. Содержание последних редко превышает 0,5-0,6 мг-экв, в то время как первых достигает 10-12 мг-экв, составляя в основном 1,0-4,0 мг-экв. Для центральных и восточных районов Печорской низменности, где валунные суглинки и глины отличаются слабой сортированностью, и, в частности, для Воркутинского района, района среднего и нижнего течения р. Усы (черные кружки) характерна невысокая и равнозначная концентрация ионов калия и натрия с одной стороны и кальция - с другой. Содержание тех и других ионов составляет в среднем 0,4-1,0 мг-экв. Намечается некоторая тенденция в преобладании кальция над калием и натрием. Содержание ионов кальция в ряде образцов увеличивается до 2,2-2,6 мг-экв, тогда как калия и натрия в сумме не превышает 1,0 мг-экв.

Для верхних валунных суглинков и прослоев глин и суглинков в толще прибрежно-морских песков района нижнего течения р. Енисея, центральных и восточных районов Печорской низменности характерно низкое содержание как катионов калия и натрия, так и кальция, не превышающее обычно 0,4-0,6 мг-экв. Несколько более высокие значения в содержании калия и натрия, а иногда и кальция, отмечаются в верхних валунных суглинках и прослоях слоистых глин в толще прибрежно-морских песков низовьев рек Печоры, Коротайхи и в некоторых образцах из скважин района р. Енисея, где концентрация названных выше катионов достигает 1,0-2,0 мг-экв.

Таким образом, анализ данного графика еще раз подтверждает установленную закономерность: для глубоководных морских глин и суглинков характерна высокая концентрация ионов калия и натрия, резко преобладающих над ионами кальция, что отмечается также в иловых водах современных донных осадков арктических морей.

Для слабосортированных суглинков восточных и центральных районов Печорской низменности (Воркутинский район, среднее и нижнее течение р. Усы и др.), отлагавшихся в более мелководной и, вероятно, более опресненной части того же бассейна, характерно значительно более низкое и равнозначное содержание ионов калия, натрия с одной стороны и кальция - с другой. Аналогичное содержание названных ионов характерно для прослоев глин и суглинков в толще прибрежно-морских песков и для верхних валунных суглинков района нижнего течения р. Печоры.

Можно предположить, что геохимические условия осадконакопления толщи относительно глубоководных валунных суглинков и глин в более прибрежных, мелководных и опресненных районах центра и востока Печорской низменности соответствовали геохимическим условиям осадконакопления верхних валунных суглинков в районе нижнего течения р. Печоры в период общего обмеления моря в регрессивную фазу его развития.

Наконец, верхние валунные суглинки района нижнего течения р. Енисея, центральных и восточных (Воркутинский) районов Печорской низменности отличаются наименьшим содержанием катионов калия, натрия и кальция. Вероятно, они отлагались в наиболее опресненных водах.

На основе приведенного выше материала можно сделать следующие выводы.

1. Качественный состав и процентные соотношения легкорастворимых солей морских плейстоценовых отложений в общем соответствуют солевому составу иловой воды современных донных осадков арктических морей. В то же время засоленность морских плейстоценовых отложений существенно ниже солености морских вод и иловых вод донных осадков.

2. Закономерности в распределении количественного содержания и изменении качественного состава легкорастворимых солей в плейстоценовых ледово-морских отложениях районов нижнего течения рек Печоры и Енисея позволяют утверждать, что состав легкорастворимых солей в морских плейстоценовых отложениях отражает различия в солености среды осадконакопления. Условия нормальной, или близкой к ней, солености морских вод отвечает повышенное содержание в плейстоценовых отложениях хлоридов и в меньшей степени (не всегда) - сульфатов калия и натрия. Опреснение бассейна сказывается в общем уменьшении содержания легкорастворимых солей в отложениях при одновременном увеличении абсолютного содержания и относительного значения солей кальция.

3. Результаты изучения легкорастворимых солей в водных вытяжках из плейстоценовых отложений севера Печорской низменности и Западной Сибири свидетельствуют о возможности их использования при восстановлении палеогеографических и, в частности, гидрохимических условий осадконакопления.

4. Изучение легкорастворимых солей дает возможность выявить различия в палеогеографических условиях осадконакопления отдельных районов. В частности, повышенное содержание воднорастворимых карбонатов в плейстоценовых отложениях района нижнего течения р. Енисея и наличие в них глинисто-карбонатных конкреций позволяет высказать предположение о резких континентальных, возможно засушливых климатических условиях данного района в период накопления ледово-морских осадков, слагающих разрез плейстоценовых отложений в пределах водоразделов.

Литература

Андреев В.И., Бондарев В.И. [Проблемы геологии кайнозоя Большеземельской тундры](#). Сб. «Кайнозойский покров Большеземельской тундры» Изд-во МГУ, 1963.

Бондарев В.И. К вопросу о химическом составе пород и гидрохимической зональности грунтовых вод Печорской низменности. Сб. «Геология кайнозоя севера европейской части СССР». Изд-во МГУ, 1966.

Бондарев В.И., Бондарев В.И., Бондарев В.И. [Кайнозойский покров севера Урало-Тиманской области](#). Сб. «Геология кайнозоя севера европейской части СССР». Изд-во МГУ, 1966.

Бондарев В.И. Материалы для познания основных этапов геологической истории Европейского северо-востока в плиоцене-среднем плейстоцене. Сб. «Геология кайнозоя севера европейской части СССР». Изд-во МГУ, 1966.

Бондарев В.И. [Плейстоценовые отложения востока Большеземельской тундры и условия их образования](#). «Изв. АН СССР», сер. географ., 1962, № 6.

Бондарев В.И. [Некоторые результаты изучения химического состава плейстоценовых отложений Большеземельской тундры](#). Сб. «Кайнозойский покров Большеземельской тундры». Изд-во МГУ, 1963.

Бондарев В.И., Бондарев В.И. [Значение ледово-морского фактора в формировании рельефа и слагающих его отложений нижнего течения р. Енисея](#). Сб. «Проблемы криолитологии», вып. 1. Изд-во МГУ, 1969.

Бондарев В.И., Бондарев В.И., Бондарев В.И., Бондарев В.И. [Морские неоген \(?\) - четвертичные отложения нижнего течения реки Енисея](#). М., «Недра», 1965.

Бондарев В.И. [Палеогеография плейстоцена Большеземельской тундры](#). «Вестн. Моск. ун-та», сер. геогр., 1961, № 6.

Бондарев В.И. [Плейстоценовые отложения в нижнем течении р. Печоры](#). Сб. «Кайнозойский покров Большеземельской тундры». Изд-во МГУ, 1963.

Бондарев В.И. Сопоставление опорных разрезов четвертичных отложений севера Западной Сибири и Большеземельской тундры. Сб. «Основные проблемы изучения четвертичного периода». М., «Наука», 1965.

