

ПАЛЕОГИДРОГЕОХИМИЯ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОГИБА И АНАБАРО-ХАТАНГСКОЙ СЕДЛОВИНЫ

Я.В. Садыкова
ИНГГ СО РАН, e-mail: janysha@list.ru

Территория исследований в гидрогеологическом отношении относится к восточной части Хатангского артезианского бассейна, который лучше именовать Хатангским криоартезианским бассейном (ХКАБ) ввиду развития здесь мощной (до 800 м) зоны многолетнемерзлых пород [5]. В тектоническом отношении исследуемый регион включает восточную часть Енисей-Хатангского регионального прогиба и Анабаро-Хатангскую седловину (рис. 1).

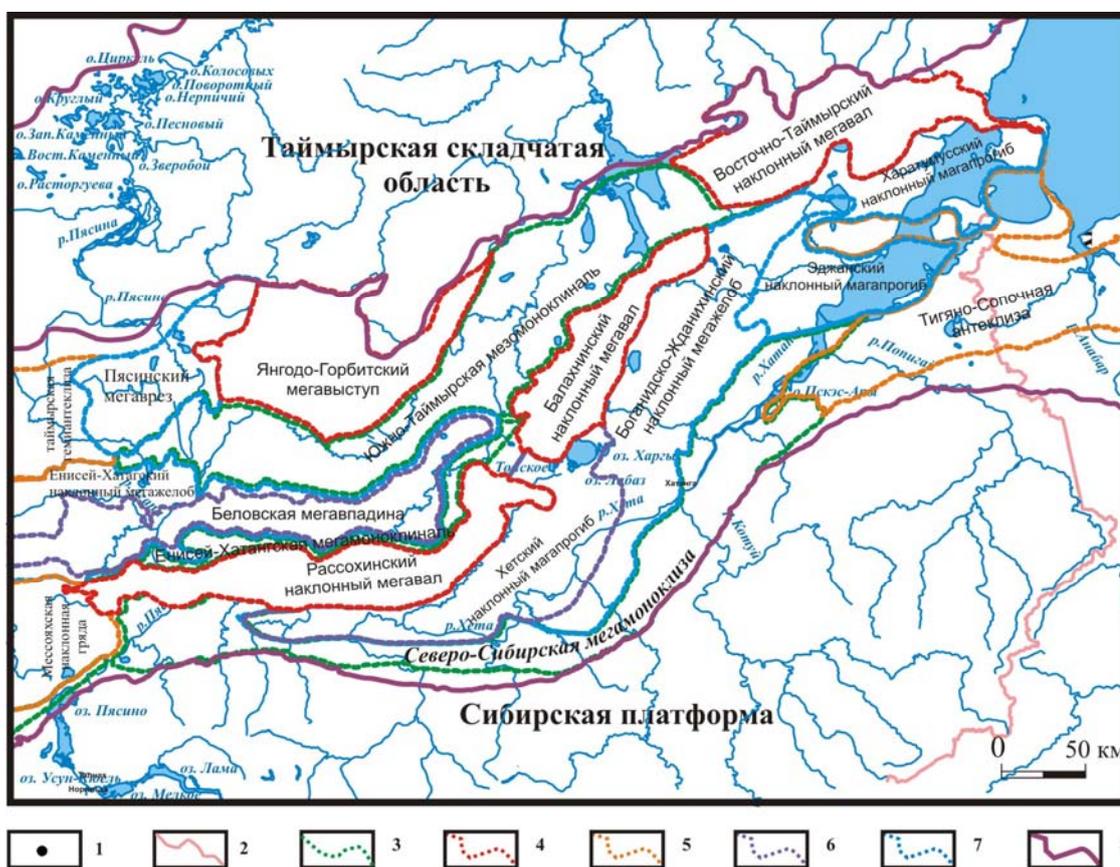


Рис. 1. Тектоническая схема по кровле неокомского структурного яруса восточной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и Анабаро-Хатангской седловины, по М.А. Фомину [7]

1 – поисково-разведочные и параметрические скважины; 2 – административные границы; контуры тектонических элементов: 3 – промежуточные; 4 – надпорядковые положительные; 5 – положительные первого порядка; 6 – надпорядковые отрицательные; 7 – отрицательные первого порядка; 8 – границы Енисей-Хатангского регионального прогиба

Гидрогеологическая стратификация лежит в основе любых гидрогеологических исследований. Разработке теоретических основ гидрогеологической стратификации осадочных бассейнов Сибири посвящены работы Н.И. Толстихина, А.М. Овчинникова, Е.В. Пиннекера, А.А. Карцева, Б.Ф. Маврицкого, С.Л. Шварцева, Н.М. Кругликова, Б.П. Ставицкого, В.М. Матусевича, Ю.П. Гаттенбергера и многих других ученых.

На исследуемой территории выделяются верхний и нижний гидрогеологические этажи. Верхний этаж – толща многолетнемерзлых пород, которая является мощным покровным флюидоупором для всей территории. В условиях сурового климата Крайнего Севера мощность активного слоя не превышает 0,5 м, а мощность многолетнемерзлых пород в среднем составляет 300–500 м. Нижний этаж – это мезозойские, палеозойские и протерозойские отложения, находящиеся ниже границы зоны промерзания.

Район работ мало изучен, имеются данные по 67 скважинам 27 площадей. Анализ фактических материалов позволил выделить 14 гидрогеологических комплексов (снизу – вверх): 14) кристаллических пород нижнего протерозоя и архея, 13) рифейский, 12) венд-кембрийский, 11) ордовикский, 10) силурийский, 9) девонский, 8) каменноугольный, 7) пермский, 6) триасовый, 5) нижне-среднеюрский, 4) верхнеюрский, 3) неокомский, 2) апт-альб-сеноманский, 1) четвертичный аллювиальных и ледниковых отложений.

Основным объектом данного исследования являются апт-альб-сеноманский и неокомский водоносные комплексы. Апт-альб-сеноманский водоносный комплекс представлен подземными водами гидрокарбонатного натриевого состава, реже – хлоридного натриевого (по классификации С.А. Щукарева), с минерализацией от 0,5 до 3,0 г/дм³ (табл. 1). На Средне-Пясинской площади состав вод преимущественно гидрокарбонатный натриевый, минерализация изменяется от 0,5 до 3,2 г/дм³. Концентрация йода составляет 0,01–0,43 мг/дм³, брома – 0,01–1,09 мг/дм³, бора – 0,1–0,3 мг/дм³. Растворенные газы имеют в основном метановый состав.

Таблица 1

Типовые анализы пластовых вод апт-альб-сеноманского и неокомского гидрогеологических комплексов Хатангского криоартезианского бассейна

Площадь	№ скв.	Интервал испытания		рН	М, г/дм ³	Концентрация, мг/дм ³										Тип воды по С.А. Щукареву
		от	до			*Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	*Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	*HCO ₃ ⁻	Γ	Br ⁻	B ³⁺	
апт-альб-сеноманский комплекс																
Средне-Пясинская	1	1487	1497	9,9	1,0	0,5	-	5	-	415,0	100	-	-	-	0,3	Cl-Na
Средне-Пясинская	1	1360	1370	-	3,2	0,9	-	6	4	82,0	19	2,0	0,1	0,1	0,3	HCO ₃ -Na
Средне-Пясинская	1	1320	1334	-	3,1	0,9	-	6	4	53,0	17	1,9	0,1	0,8	0,3	HCO ₃ -Na
Средне-Пясинская	1	700	705	8,4	0,5	0,1	16	15	2	39,0	17	0,3	0,2	0,8	-	HCO ₃ -Na
Средне-Пясинская	1	690	695	8,4	0,5	0,1	16	15	2	39,0	17	0,3	0,2	0,5	0,1	HCO ₃ -Na
Средне-Пясинская	1	1320	1334	8,9	3,1	0,9	17	6	4	5,0	17	1,9	0,2	1,1	0,3	HCO ₃ -Na
неокомский комплекс																
Джангодская	1	1110	1120	8,0	5,6	2,1	17	18	8	2,8	2	0,6	8,0	17,0	1,8	Cl-Na
Джангодская	1	1138	1142	8,7	5,6	2,1	18	15	5	2,5	5	1,0	10,0	17,0	1,0	Cl-Na
Джангодская	1	1166	1178	10,2	8,7	3,2	28	1	-	4,0	66	1,5	13,0	26,0	1,5	Cl-Na
Джангодская	1	1263	1273	8,5	8,1	3,0	31	23	13	3,9	5	1,1	13,0	27,0	1,5	Cl-Na
Джангодская	2	1108	1110	-	7,8	2,5	55	7	18	2,1	30	3,0	5,0	28,0	5,5	Cl-Na
Джангодская	3	1000	1013	8,5	4,9	1,8	12	16	7	2,6	2	0,5	5,0	15,0	0,7	Cl-Na
Джангодская	5	1124	1140	8,6	5,9	2,1	13	14	8	2,8	4	0,9	16,0	24,0	4,5	Cl-Na
Джангодская	5	1150	1162	8,4	6,0	2,2	14	14	8	2,8	2	0,9	15,0	24,0	3,5	Cl-Na
Массоновская	363	2424	2424	9,5	3,0	7,7	34	24	-	0,5	67	1,5	16,0	29,0	-	HCO ₃ -Na
Средне-Пясинская	1	2114	2122	12,4	3,3	6,1	105	369	2	0,2	14	2,1	1,0	0,5	-	HCO ₃ -NaCa
Средне-Пясинская	1	1908	1914	9,2	3,4	1,2	18	4	2	1,3	17	0,6	6,0	9,0	3,0	Cl-Na

Примечание: «*» – концентрация макрокомпонентов, г/дм³; «-» – нет данных.

Отложения неокомского комплекса более широко распространены в ХКАБ по сравнению с апт-альб-сеноманскими. По химическому составу преобладают воды хлоридного натриевого, реже – гидрокарбонатно-хлоридного натриевого и хлоридного кальциево-натриевого состава (табл. 1). Минерализация изменяется в пределах 2,7–8,7 г/дм³. Концентрации йода изменяются в интервале 1,3–15,6 мг/дм³, брома – 0,6–29,3 мг/дм³, бора – 0,7–5,5 мг/дм³. Наибольшие значения концентраций этих элементов выявлены на Джангодской и Массоновской площадях. По материалам опробования скважин в прилегающих районах Западно-Сибирского артезианского бассейна, на Малохетской и других площадях распространены преимущественно хлоридные натриевые воды, минерализация варьируется от 0,5 до 17,5 г/дм³. Растворенные газы в основном имеют метановый состав.

Современные пластовые воды являются продуктом геологической эволюции осадочного бассейна. Так, изначально седиментационные воды дают начало ветви соленых вод и рассолов, а инфильтрационные – пресных и солоноватых вод. Начиная со стадии диагенеза, пластовые воды претерпевают значительные изменения своего состава. С момента попадания в осадочный бассейн воды вовлекаются во множество процессов взаимодействия в системе «вода – порода – газ – органическое вещество». Вследствие чего современный химизм подземных вод является вторичным продуктом этой эволюции.

В пределах меловых отложений восточной части ХКАБ распространены седиментогенные и древние инфильтрационные воды, смешанные в разной степени. Благодаря проведенным палеогидрогеологическим реконструкциям нами были выявлены значительные различия в составе современных пластовых вод и тех, которые захоранивались на данной территории в течение седиментационного этапа развития бассейна.

Рассмотрим историю формирования меловых отложений в пределах Енисей-Хатангского регионального прогиба и Анабаро-Хатангской седловины. В качестве основного материала при проведении палеогидрогеологических реконструкций использовались палеогеологические карты, подготовленные сотрудниками ИНГГ СО РАН, атлас литолого-палеогеографических карт СССР [1], атлас палеогеографических карт «Палеоландшафты Западной Сибири в юре, мелу и палеогене» [3] и палеогеографические схемы В.А. Захарова, М.С. Месенжниковой, З.З. Ронкиной и др. [4].

На основании работ О.А. Алекина, Ю.И. Ляхина [2], Н.И. Попова, К.Н. Федорова, В.М. Орлова [6], О.В. Шишкиной [9] по термогалийной стратификации вод Мирового океана и геохимии морских и океанических иловых вод, а также метода актуализма были приняты значения минерализации и основные характеристики состава сингенетических пластовых вод.

В конце волжского – начале берриасского века территория исследования представляла собой осадочный бассейн, который сформировался в результате оксфордской трансгрессии (рис. 2).

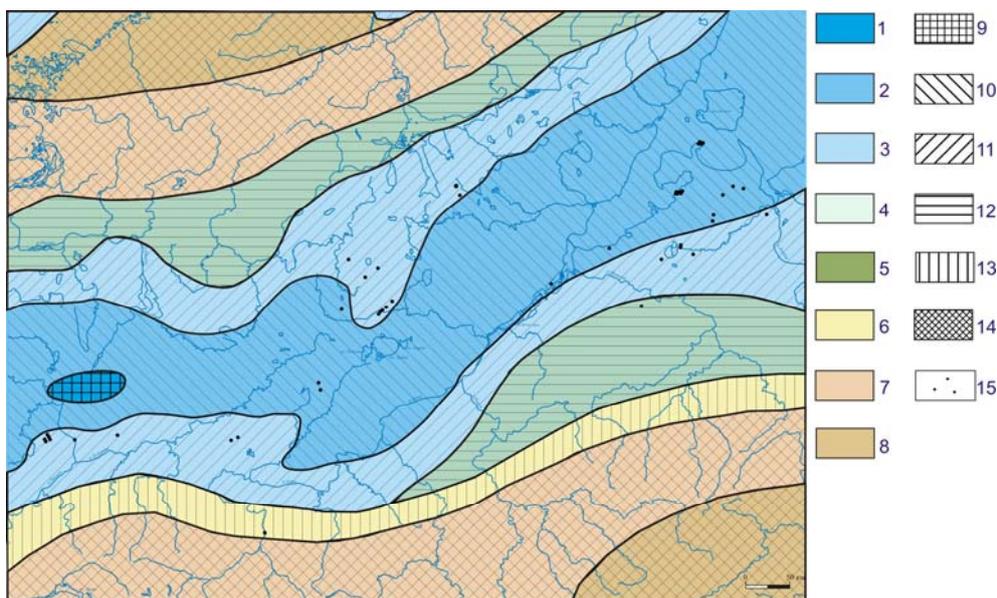


Рис. 2. Палеогидрогеологическая карта восточной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и Анабаро-Хатангской седловины. Меловой период. Берриасский век

Палеогеографические области: 1 – море, глубоководная часть шельфа (100 м и более); 2 – море, мелкая часть шельфа и прибрежная зона (50–100 м); 3 – море мелкое, островная часть шельфа (0–50 м); 4 – прибрежное мелководье, островная суша с неустойчивым положением береговой линии (0–20 м); 5 – равнина прибрежно-морская в зоне неустойчивого положения береговой линии (0–50 м); 6 – аллювиально-озерная равнина (20–100 м); 7 – равнина возвышенная денудационная (до 200 м); 8 – денудационное плато (200–500 м). Палеогидрогеохимические зоны формирования: 9 – соленых (талассогенных) вод с минерализацией 30,0–35,0 г/дм³ с преобладанием в составе ионов Cl⁻ и Na⁺ при повышенном содержании Mg²⁺, морская обстановка; 10 – соленых (талассогенных) вод с минерализацией 15,0–20,0 г/дм³ с преобладанием в составе ионов Cl⁻ и Na⁺ при повышенном содержании Mg²⁺, морская обстановка; 11 – солоноватых вод с минерализацией 5,0–15,0 г/дм³ с преобладанием в составе ионов Na⁺ и Cl⁻ при повышенном содержании ионов Ca²⁺ и Mg²⁺, морская обстановка; 12 – солоноватых вод с минерализацией 2,0–5,0 г/дм³ с преобладанием в составе ионов Cl⁻ и Na⁺ при повышенном содержании HCO₃⁻ и Ca²⁺, континентально-морская обстановка; 13 – пресных и солоноватых инфильтрационных вод с минерализацией 0,5–2,0 г/дм³ с преобладанием в составе ионов HCO₃⁻ и Ca²⁺ при повышенном содержании ионов Cl⁻ и Na⁺, континентальная обстановка; 14 – пресных инфильтрационных вод (преобладают метеогенные) с минерализацией до 0,5 г/дм³ с преобладанием в составе ионов HCO₃⁻ и Ca²⁺, континентальная обстановка; 15 – поисково-разведочные скважины

Центральную часть территории занимало глубоководное Хатангское море, в котором отлагались преимущественно глинистые осадки и захоранивались соленые талассогенные воды с минерализацией 15–20 г/дм³ преимущественно хлоридного натриевого состава. Море заполнялось с различной интенсивностью обломочным материалом, поступающим с юго-востока и северо-запада. На юго-востоке находилась Сибирская платформа (Средне-Сибирская суша), которая представляла собой к концу волжского века низкий пенеплен, на котором господствовали условия интенсивного выветривания и влажного умеренно теплого климата. На северо-западе находилась Таймырская возвышенность. Она представляла собой денудационное плато, с которого поступал крупный обломочный материал в окраинные части Хатангского морского бассейна. В пределах возвышенной равнины и денудационного плато в континентальные осадки проникали пресные инфильтрационные метеогенные воды с минерализацией до 0,5 г/дм³ гидрокарбонатного кальциевого состава. В это же время началось формирование аккумулятивного склона неокомского палеобассейна. В пределах глубоководной части Хатангского моря на западе образовалась еще более глубоководная зона, глубины в которой достигали 500 м. В ней накапливались наиболее тонкие осадки и захоранивались соленые талассогенные хлоридные натриевые воды с минерализацией, достигавшей 35 г/дм³.

Зона мелкого моря, глубина которого составляла порядка 100–200 м, в пределах исследуемой территории узкой полосой окаймляла по периметру глубоководную часть бассейна, достигая максимального своего развития в средней части Енисей-Хатангского наклонного желоба. Здесь совместно с песчано-алевритовыми отложениями захоранивались солоноватые талассогенные воды с минерализацией 5–15 г/дм³ преимущественно хлоридного кальциевого состава.

Зона прибрежного мелководья на границе с Сибирской платформой представляла собой узкую полосу аллювиально-озерных отложений, в пределах которой захоранивались солоноватые инфильтрационные воды с минерализацией 0,5–2 г/дм³ преимущественно гидрокарбонатного кальциевого состава.

В ранневаланжинский век регрессия, начавшаяся в конце юрского времени, получила дальнейшее развитие. На востоке Хатангского моря контуры палеогеографических зон претерпели минимальные изменения в сторону обмеления бассейна (рис. 3).

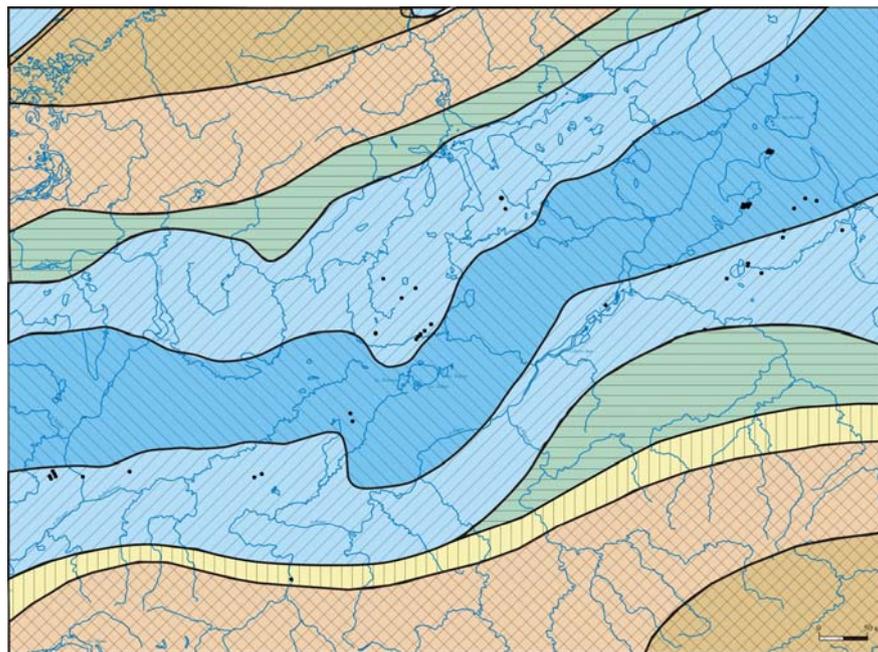


Рис. 3. Палеогидрогеологическая карта восточной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и Анабаро-Хатангской седловины. Меловой период. Ранневаланжинский век (условные обозначения см. к рис. 2)

Незначительно сократилась площадь глубоководных зон. Причиной этого явилось продолжающееся обильное поступление терригенного материала с Таймыра и с Сибирской платформы и интенсивное заполнение им палеобассейна.

В валанжинское время продолжилось воздымание Сибирской платформы. Она представляла собой холмогорье с редким растительным покровом. В целом, границы этой палеогеографической области, как отмечалось ранее, остались такими же, какими они были в берриасский век.

В поздневаланжинское время восточные районы Хатангского моря продолжали мелеть. Глубоководное море разделилось на восточную часть, которая обособилась в пределах Харатумусского, Эджанского наклонных мегапрогибов и Боганидско-Жданихинского наклонного мегажелоба, и западную часть в пределах Южно-Таймырской мезомоноклинали. В глубоководных участках продолжали накапливаться глубоководно-морские осадки и захораниваться соленые талассогенные воды с минерализацией 15–20 г/дм³ преимущественно хлоридного натриевого состава. Зона прибрежного мелководья, площадь которой незначительно увеличилась на юге территории исследования, протягивалась узкой полосой, отделяющей мелкое море от аллювиальной равнины (рис. 4).

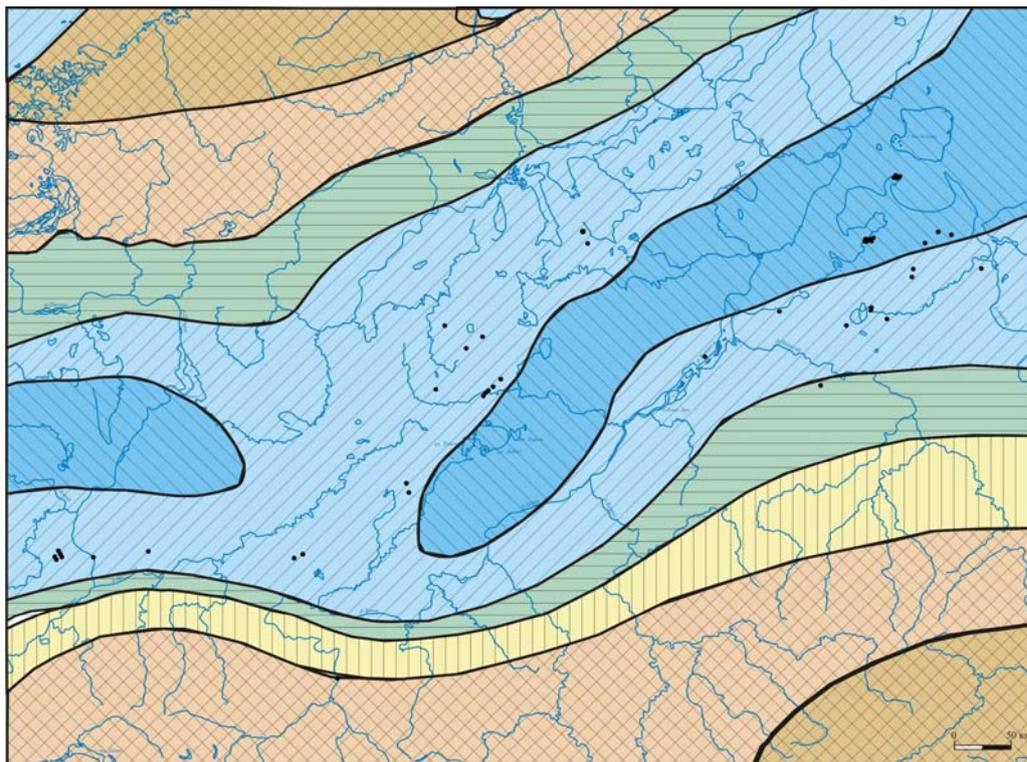


Рис. 4. Палеогидрогеологическая карта восточной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и Анабаро-Хатангской седловины. Меловой период. Поздневаланжинский век (условные обозначения см. к рис. 2)

В готеривское время контуры палеогеографических зон в пределах рассматриваемой территории претерпели значительные изменения (рис. 5). Зоны мелкого моря остались только на востоке и на западе. В готериве в пределах исследуемой территории на месте мелкого моря появляется прибрежная равнина, временами затопляемая морем. Она занимает практически все пространство в центре Енисей-Хатангского регионального прогиба и по периферии Таймырской и Средне-Сибирской возвышенностей. В пределах этой зоны захораниваются солоноватые воды с минерализацией $2-5 \text{ г/дм}^3$ хлоридного натриевого состава с повышенным содержанием гидрокарбонат-иона и кальция. В юго-восточной и западной частях территории исследования узкими полосами вдоль возвышенностей обособились зоны распространения аллювиально-озерных отложений. А по бортам Средне-Сибирской и Таймырской возвышенностей образовались широкие зоны денудационной равнины (рис. 5)

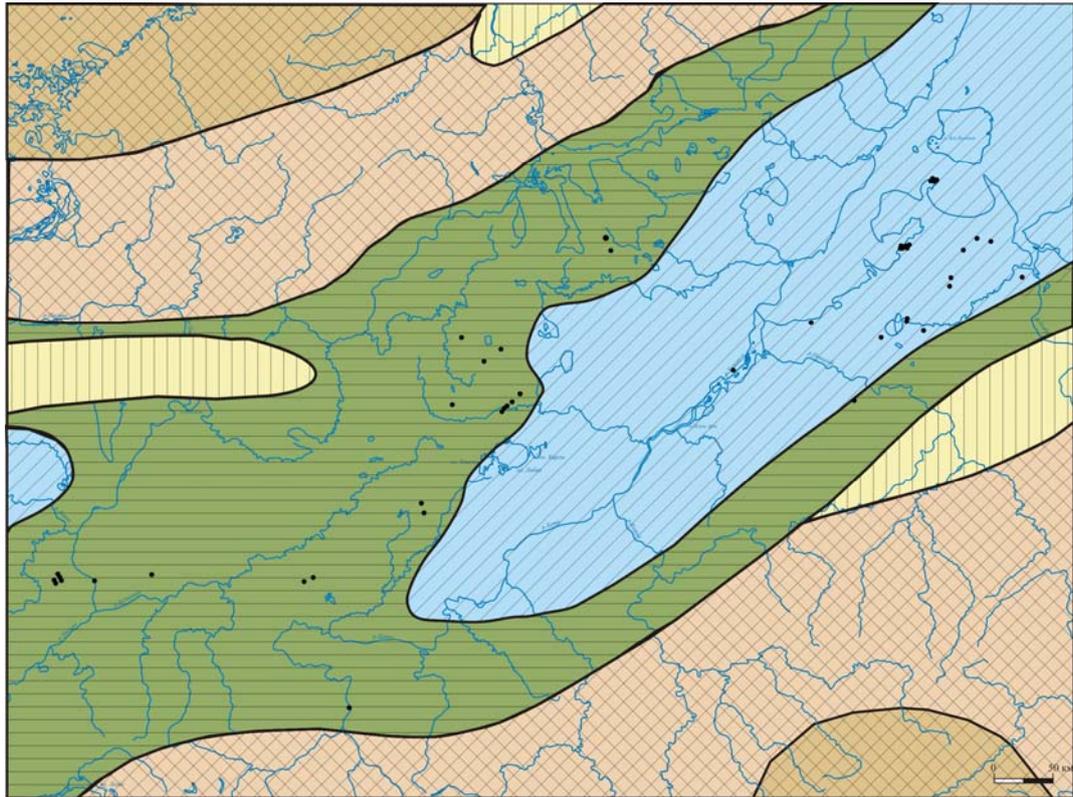


Рис. 5. Палеогидрогеологическая карта восточной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и Анабаро-Хатангской седловины. Меловый период. Готеривский век (условные обозначения см. к рис. 2)

В барремское время обширной регрессией заканчивается крупный юрско-неокомский трансгрессивно-регрессивный седиментационный цикл (рис. 6). В результате компенсированного заполнения бассейна осадками практически полностью исчезло Хатангское море. Остался лишь небольшой участок на северо-востоке территории, где продолжали накапливаться меловодно-морские отложения и захораниваться соленые талассогенные воды с минерализацией 5–15 г/дм³. Зону мелкого моря обрамляет небольшой участок развития зоны прибрежной равнины, в пределах которой море проникало дальше вглубь Енисей-Хатангского прогиба во время незначительных трансгрессий (рис. 6).

В результате воздымания Таймырской возвышенности на севере в ее пределах обособилась область низких гор, а в районе Средне-Сибирской возвышенности сформировалась обширная денудационная равнина. На Таймырской и Средне-Сибирской возвышенностях в континентальные осадки проникали пресные инфильтрационные воды

атмосферного генезиса с минерализацией до $0,5 \text{ г/дм}^3$ гидрокарбонатного кальциевого состава (рис. 6).

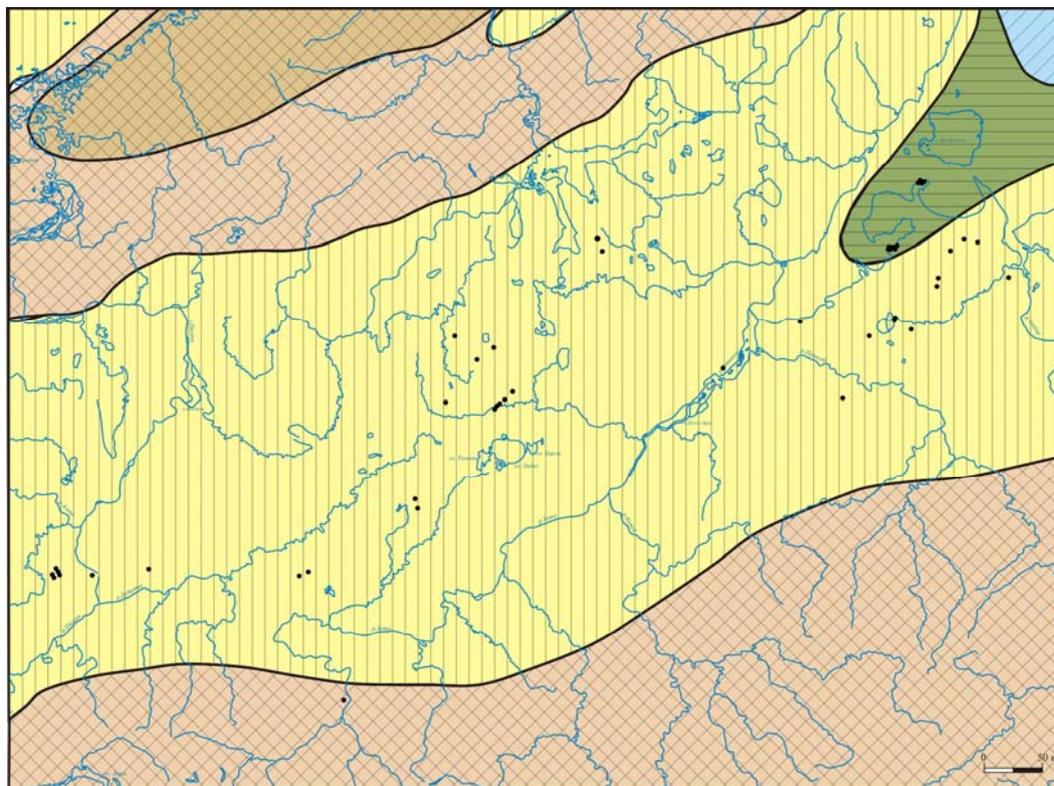


Рис. 6. Палеогидрогеологическая карта восточной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и Анабаро-Хатангской седловины. Меловой период. Барремский век (условные обозначения см. к рис. 2)

Остальную площадь занимали низменные аллювиально-озерные равнины, в пределах которых захоранивались пресные и солоноватые инфильтрационные воды с минерализацией $0,5\text{--}2,0 \text{ г/дм}^3$ гидрокарбонатного кальциевого состава.

В аптском веке происходит дальнейшая регрессия моря (рис. 7). Зона аллювиально-озерно-болотных низменных равнин по-прежнему доминирует на исследуемой территории. Исчезла зона мелкого моря и прибрежных равнин на северо-востоке района. Территории, занятые денудационными возвышенными равнинами, оставались в прежних границах. В пределах Таймырской возвышенности сохранилась также зона низких гор. Основные изменения произошли в характере осадконакопления. Накопление преимущественно песчаных фаций в барреме и нижнем апте сменилось накоплением существенно глинистых, с прослоями угля, озерно-болотных фаций (рис. 7).

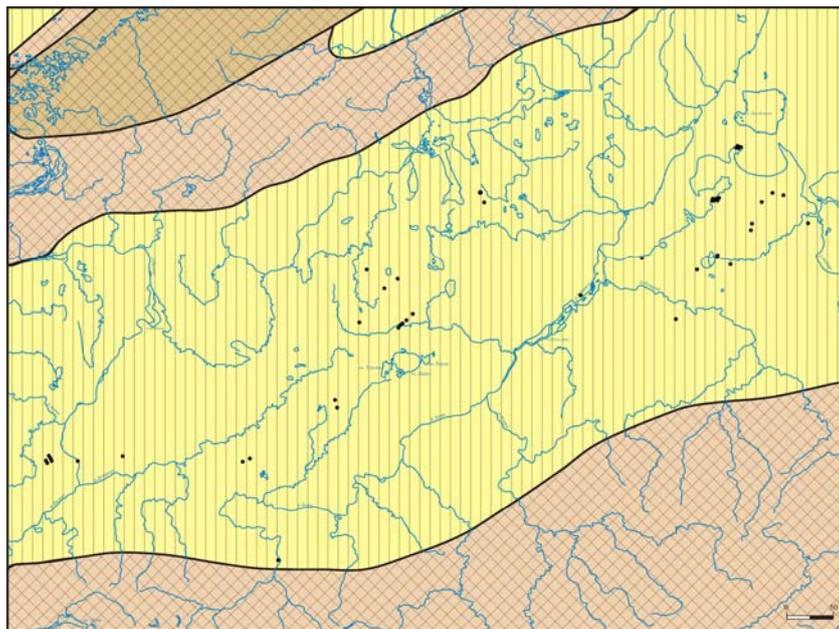


Рис. 7. Палеогидрогеологическая карта восточной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и Анабаро-Хатангской седловины. Меловой период. Аптский век (условные обозначения см. к рис. 2)

В начале альба контуры палеогеографических зон оставались прежними, однако к середине века началась трансгрессия моря. На территории исследования вновь приобрели широкое распространение обстановки прибрежных равнин, временами затопляемых морем, для которых характерно захоронение солоноватых вод с минерализацией $2-5 \text{ г/дм}^3$ хлоридного натриевого состава с повышенным содержанием гидрокарбонат-иона и кальция (рис. 8). Море наступало с запада, и в пределах Пясинского мегавреза, западной части Южно-Таймырской мезомоноклинали и Беловской мегавпадины вновь образовалась небольшая по площади мелководно-морская зона, в которой захоранивались соленые талассогенные воды с минерализацией до 15 г/дм^3 .

В восточном направлении осадки прибрежных равнин постепенно замещаются осадками низменных аккумулятивных равнин. Области денудационной возвышенной равнины остались практически в прежних границах (рис. 8).

В позднем альбе началась очередная регрессия, которая сопровождалась обмелением моря и его опреснением. Сеноман – время завершения региональной регрессии. На территории Таймырской возвышенности денудационные процессы привели к нивелированию рельефа суши. В это время установился гумидный субтропический климат. Контуры палеогеографических зон прибрежной и аккумулятивной равнин изменились незначительно.

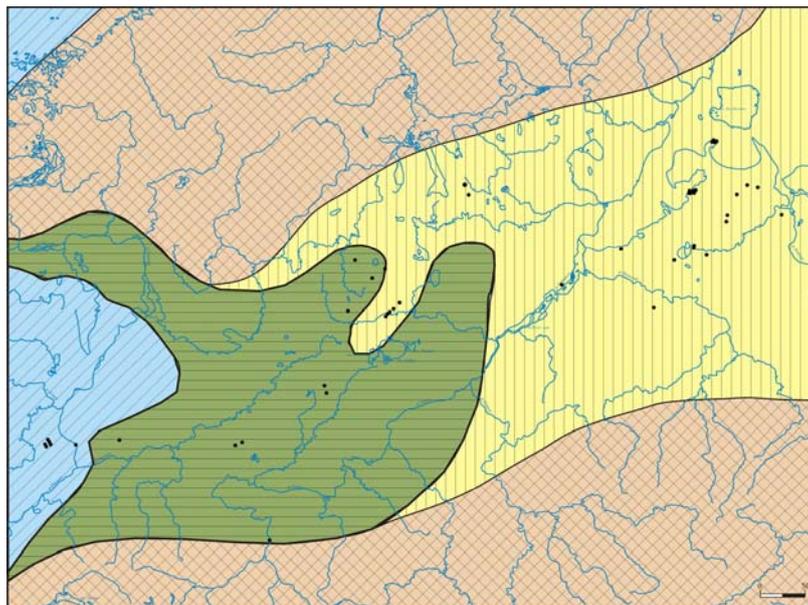


Рис. 8. Палеогидрогеологическая карта восточной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и Анабаро-Хатангской седловины. Меловой период. Альбский век (условные обозначения см. к рис. 2)

С конца сеномана начинается следующая региональная трансгрессия. ХКМБ, как и в сеномане, по-прежнему располагался в зоне субтропического влажного климата. Интенсивно протекали процессы выветривания. Это было началом довольно продолжительной эпохи относительного тектонического покоя и выравнивания рельефа, сопряженных с финальными элементами крупной верхнемеловой трансгрессии.

Среди палеогеографических обстановок вновь появляется мелкое море, оно заходит на исследуемую территорию с запада и имеет те же контуры, как и в альбе (рис. 8). Прибрежно-морская равнина окаймляет зону мелкого моря. В этой зоне совместно с осадками захораниваются солоноватые воды с минерализацией $2-5 \text{ г/дм}^3$ хлоридного натриевого состава с повышенным содержанием гидрокарбонат-иона и кальция. В центральной части Енисей-Хатангского регионального прогиба сформировалась обширная зона прибрежной равнины, временами затапливаемой морем. Предположительно, море проникало до северного борта Боганидско-Жданихинского наклонного мегажелоба.

Аллювиально-озерная равнина, местами заболоченная и покрытая хвойно-лиственными лесами, существовала на востоке территории Енисей-Хатангского прогиба. Совместно с аллювиальными отложениями захоранивались пресные и солоноватые инфильтрационные воды с минерализацией $0,5-2 \text{ г/дм}^3$ гидрокарбонатного кальциевого

состава. Областями сноса обломочного материала по-прежнему оставались Средне-Сибирская возвышенность и Таймыр, контуры которых существенно не изменились. Такие очертания территория исследования имела вплоть до датского века (рис. 8).

Проведенные исследования показали, что с берриаса до конца валанжина практически вся территория исследования представляла собой морской бассейн, в котором захоранивались совместно с глинистыми отложениями талассогенные воды нормальной морской солености; исключение составляли возвышенные участки окраины Сибирской платформы и Таймырская возвышенность. С готерива началась постепенная регрессия моря. Увеличилась площадь распространения прибрежно-морских отложений и, соответственно, захоранивались пресные и солоноватые инфильтрационные воды. К аптскому веку вся территория представляла собой исключительно аллювиально-озерно-болотную равнину. К середине альба трансгрессия моря привела к широкому распространению обстановок прибрежных, временами заливавшихся морем равнин, для которых характерно захоронение солоноватых талассогенных вод. После небольшой регрессии в позднем альбе, к концу сеномана, начинается следующая региональная трансгрессия. Среди палеогеографических обстановок вновь появляется область мелкого моря и начинают захораниваться талассогенные воды с минерализацией, достигающей 15 г/дм³.

Таким образом, палеогеографические обстановки оказывают влияние на первичный химизм захоранивающихся вод. Далее, в процессе диагенеза и катагенеза осадков, происходят значительные изменения состава захороненных вод. На иловой стадии запускается механизм уплотнения осадков. По мере развития осадочного бассейна и возрастания геостатических нагрузок глинистые осадки уплотняются и из них отжимаются сингенетичные пластовые воды, которые затем поступают в песчаные пласты. На больших глубинах (от 3 км и более) происходит также выжимание связанной воды пониженной минерализации за счет процессов термодегидратации глинистых минералов. Эволюция системы «вода – порода – газ – органическое вещество» в течение длительного геологического времени приводит к формированию разных геохимических типов вод и минеральных фаз. «...Одни (первичные) минералы, растворяясь, дают начало другим (вторичным) минеральным фазам принципиально иного состава с переходом значительной части химических элементов в раствор. По мере изменения последнего меняется и состав вторичных минералов в строгом соответствии с законами

термодинамики» [8, с. 24]. Таким образом, процессы, протекающие в системе «вода – порода – газ – органическое вещество», приводят к трансформации первичного состава сингенетических вод.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-05-00442) и гранта Лаврентьевского конкурса молодежных проектов СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас литолого-палеогеографических карт СССР. Триасовый, юрский и меловой периоды / под ред. А.П. Виноградова. М.: Всесоюз. аэрогеол. трест М-ва геологии СССР, 1968. Т. 3. 80 с.
2. *Алекин О.А., Ляхин Ю.И.* Химия океана. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 343 с.
3. *Гольберт А.В., Маркова Л.Г., Полякова И.Д.* Палеоландшафты Западной Сибири в юре, мелу и палеогене. М.: Наука, 1968. 20 с.
4. *Захаров В.А., Месежников М.С., Ронкина З.З.* и др. Палеогеография севера СССР в юрском периоде. М.: Наука, 1983. 190 с.
5. *Кирюхин В.А., Толстихин Н.И.* Региональная гидрогеология. М.: Недра, 1987, 382 с.
6. *Попов Н.И., Федоров К.Н., Орлов В.М.* Морская вода. М.: Наука, 1979. 327 с
7. *Фомин М.А.* Современная структура мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Енисей-Хатангского регионального прогиба по опорным уровням // Нефтегазовая геология. Теория и практика: электрон. науч. журн. 2010. Т. 5, №1. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/1_2010.pdf.
8. *Шварцев С.Л.* Взаимодействие воды с алюмосиликатными горными породами: обзор // Геология и геофизика. 1991. №12. С. 16–50.
9. *Шишкина О.В.* Геохимия морских и океанических иловых вод. М.: Наука, 1972. 228 с.