

М. Е. КАПЛАН, Е. Г. ЮДОВНЫЙ

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОРСКИХ ВЕРХНЕЮРСКИХ И НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ХАТАНГСКОЙ ВПАДИНЫ

(по результатам литологического изучения разреза полуострова Пакса)

В обрывах мыса Урдюк-Хая (п-ов Пакса) на берегу Анабарского залива моря Лаптевых вскрывается уникальная по полноте и своеобразию толща морских верхнеюрских и нижнемеловых отложений. Изучение представляет интерес в связи с положением в центральной части Хатангской впадины, необычным существенно глинистым составом и наличием непрерывного перехода от верхнеюрских к нижнемеловым отложениям, на севере Сибири нигде больше не наблюдающегося.

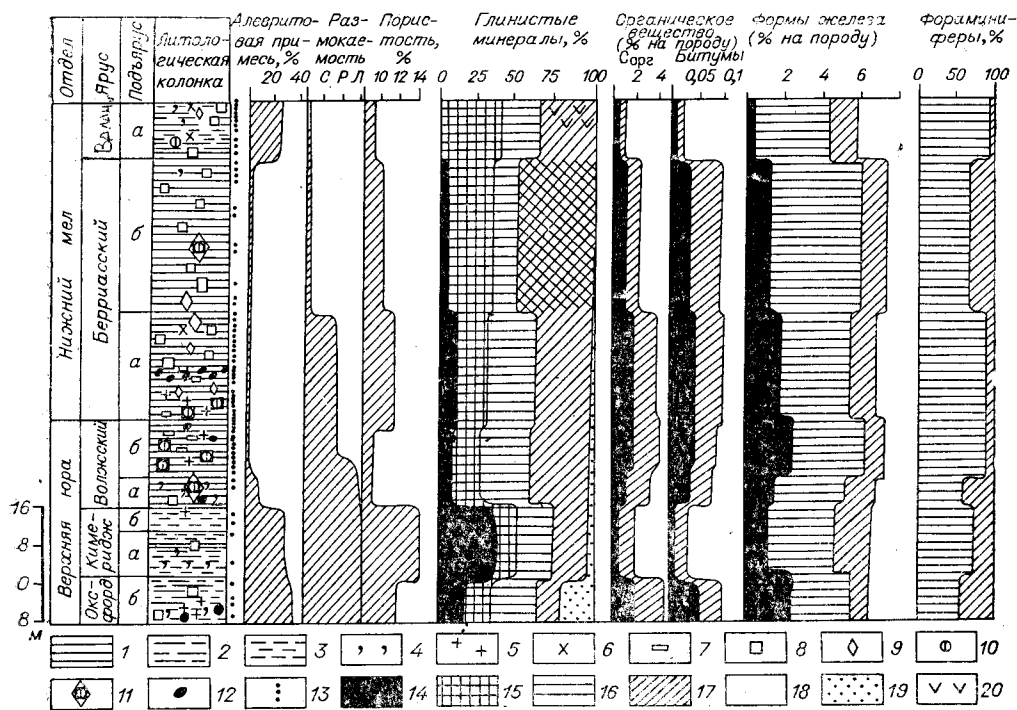
Изучение разреза включало, кроме его послойного описания, определение физических свойств пород (размокаемости, пористости, плотности), их минерального состава (рентгенографическими, оптическими, термическими и химическими методами), содержания органического углерода, битуминозных компонентов, форм железа и серы.

В разрезе вскрываются отложения оксфордского, кимериджского, волжского, берриасского и валанжинского ярусов. Их суммарная мощность близка к 120 м.

Основную часть разреза (65%) составляют глинистые породы с различным, обычно небольшим (5%) количеством алевритового материала (см. рисунок); алевритистые (5—25%) и алевритовые (25—50%) разности составляют лишь 10% от мощности разреза. Глинистые породы представлены неразмокающими и слабо размокающими в воде аргиллитами (валанжин, берриас) и легко размокающими и набухающими глинами (оксфорд, кимеридж, низы волжского яруса).

В средней части разреза расположена пачка чередующихся глин и аргиллитов. Породы обладают пелитовой и алевропелитовой структурой, ориентированной или беспорядочной микротекстурой и, помимо обломочных алевритовых частиц, включают также обрывки углефицированного и гелефицированного органического вещества, глобблы и линзочки пирита, фосфатов, тонкорассеянные карбонаты, скопления аутигенных зерен кварца и халцедона, иногда приуроченные к остаткам микрофауны.

По данным рентгенографического изучения, основными пороодообразующими минералами толщи являются неупорядоченные смешанно-слоистые образования ряда гидрослюдя-монтмориллонит, в меньшей степени — монтмориллонит-хлорит (с различным, от 10 до 90%, содержанием набухающих слоев), хлориты, иногда подвижные (обладающие термической устойчивостью, но набухающие при обработке этилен-гликолем до 14,5—15 Å), шамозиты (7 Å), монтмориллониты (главным образом 14 Å, изредка 12,6 Å), гидрослюды, каолинит, вермикулит (последний обнаружен лишь в верхах валанжинской части разреза).



Литолого-геохимическая характеристика морских верхнеюрских и нижнемеловых отложений в разрезе п-ова Пакса. Справа от литологической колонки показаны средние значения (по 50—60 образцам) литолого-геохимических параметров по ярусам и подъярусам.

a — нижний (для волжского яруса нижний и средний) подъярус; *б* — верхний подъярус. Размокаемость: *с* — слабая, *р* — средняя, *л* — легкая. 1 — глины и аргиллиты; 2 — алевроитовые и алевроитовые глинистые породы; 3—4 — глауконит; 5 — рассеянные карбонаты; 6 — лептохлориты; 7 — окремнение. Конкреции: 8 — кальцитового состава, 9 — с магниезально-железистыми и железистыми карбонатами, 10 — с фосфатным материалом; 11 — зонального строения, 12 — пиритовые; 13 — образцы; 14 — монтмориллонит, остаточный органический углерод, хлороформенный битумоид и сульфидное железо; 15 — смешаннослойные минералы; 16 — гидрослюда, закисное силикатное железо и песчаные фораминиферы; 17 — хлорит, «обломочное» железо и известковые фораминиферы; 18 — шамозит (?); 19 — каолинит; 20 — вермикулит. Фораминиферы даны по [1].

Уже во время полевых работ среди чистых глинистых пород было выделено три различных типа, наиболее четко выраженных в средней части разреза (волжские и большая часть берриасских отложений). Первый тип — голубовато-серые массивные оскольчатые аргиллитоподобные глины и аргиллиты в прослоях мощностью 30—50 см. Второй тип — темно-серые и серо-коричневые тонко-параллельнослоистые, иногда листоватые аргиллитоподобные глины и аргиллиты в прослоях мощностью 10—30 см. Они нередко перекрываются маломощными (1—3 см) слойками пластичных глин третьего типа.

Породы первого типа отличаются от остальных глинистых пород не только внешним видом, но и более высоким содержанием монтмориллонита и смешаннослойных образований, меньшим количеством гидрослюд, органического вещества, сульфидного железа, а также отсутствием каолинита, аутигенных тонкорассеянных фосфатов и окремнения. Глины третьего типа, близкие по литолого-геохимическим характеристикам к глинам и аргиллитам второго типа, отличаются от них пластичностью, высокой пористостью, меньшей плотностью, а также содержанием сульфатной серы и присутствием гипса, ярозита и барита. Последнее обстоятельство в сочетании с тесной пространственной ассоциацией глин второго и третьего типа, вероятно, свидетельствует о возникновении пластичных глин за счет гипергенного разрушения наибо-

лее обогащенной пиритом верхней части слоев темных аргиллитов второго типа.

Алевриты, глинистые алевриты и алевролиты составляют 20% от мощности разреза. Они приурочены к низам верхнего подъяруса оксфордского яруса, кимериджскому и нижней части волжского ярусов, в редких прослоях встречаются в кровле берриаса и в низах валанжина. Это темно-серые, мелко, изредка разномзернистые, плотные, массивные, иногда слоистые породы, сложенные остроугольными полуокатанными хорошо отсортированными зернами кварца, полевых шпатов, листочками мусковита и зеленоватого биотита, единичными обломками кварцитовидных пород, сцементированными базальным (25—50%) глинистым цементом беспорядочной микротекстуры. В нижней части разреза присутствуют маломощные прослой, обогащенные округлыми зернами глауконита размером 0,2—0,25 мм, в редких случаях до 1,0 мм. Тяжелая фракция алевритовых пород включает гранат, циркон, сфен, апатит, турмалин, титанистые минералы, эпидот, пироксены, амфиболы, хлоритоид, шпинели, слюды, черные рудные минералы. Преобладающими являются минералы группы эпидота-цоизита, а в отложениях нижнего валанжина — слюды. В связи с высоким содержанием пирита в тяжелой и лептохлоритов в легкой фракциях достоверных количественных соотношений между минералами во фракциях установить не удалось.

Значительную часть (15%) разреза составляют конкреции, образующие 113 выдержанных горизонтов. Среди них присутствуют карбонатные, фосфатно-карбонатные и сульфидные образования. Первые два типа конкреций образуют прослой мощностью до 1 м, а также шаровые и овальные стяжения размером до 0,2×0,5 м и ориентированные поперек наслоения веретенообразные и грушевидные тела. Пиритовые конкреции обычно беспорядочно рассеяны внутри слоя и достигают в диаметре 0,1 м. Пространственно они нередко отграничены от карбонатных образований, тяготеющих к более светлым разностям глин, и переполняют темные, обогащенные органическим веществом глинистые прослой, особенно в верхневолжской и нижнеберриасской частях разреза.

По данным оптического, химического и термического анализа карбонатные конкреции сложены тонкозернистыми сидеритом, кальцитом, анкеритом с примесью доломита и магнезита. Фосфаты представлены светло- и желто-бурыми изотропными и слабодвупреломляющими скрытокристаллическими кальциевыми разностями (наиболее обычное $N=1,620$).

Кальцитом сложены все стяжения в отложениях оксфорда и кимериджа, а также большинство конкреций остальной части разреза. Железистыми карбонатами сложены конкреционные прослой, главным образом в нижней части берриасского, реже в валанжинском ярусе. Зональные конкреции сложного состава встречены в верхней части берриаса (зона *Bojarkta mészehnikowi*). Фосфатно-карбонатные образования (с центральной фосфатной частью) господствуют в верхневолжских отложениях и самых низах берриасского яруса. Изредка они встречаются и в более высоких горизонтах разреза.

Изучаемые отложения содержат довольно значительные количества органического углерода (до 4,2%) и люминесцирующих битумов (до 0,2%) при их средних содержаниях около 1,5% и 0,08% соответственно. Для них характерно высокое (до 11%, в среднем около 7%) содержание железа. В общем балансе форм железа [8] преобладает закисное легкорастворимое (50—60%), меньшую роль играет сульфидная (20—25%) и «обломочная» (15—20%) формы. Минералогически сульфидное железо представлено пиритом. (С этим минералом, несомненно, была

первоначально связана вся сера, определяемая в образцах, о чем свидетельствуют отсутствие элементарной серы и малые содержания органической серы, а также зависимость небольших количеств сульфатной серы, обнаруживаемой в породах, от содержания пирита, за счет гипергенного разрушения которого возникли гипс, ярозит и барит).

По данным изучения шлифов и выборочным определениям CO_2 , закисное легко растворимое железо представлено не в карбонатной, а в силикатной форме. «Обломочное» железо, судя по почти полному отсутствию в образцах (выборочные определения) окисного, растворимого в HCl железа, включает в основном силикатное, труднорастворимое окисное и закисное железо. Силикатная, резко преобладающая форма железа минералогически представлена доминирующими в породах слоистыми силикатами, в частности шамозитами, хлоритами, смешанно-слоистыми образованиями. Интересно отметить широкое распространение в породах необычного парагенеза аутигенных железистых силикатов, прежде всего шамозита с пиритом при отсутствии углекислого железа. Сходное явление известно также в современных и древних отложениях [4, 8 и др.] Однако во всех этих случаях, несмотря на наличие в осадке железосодержащих аутигенных силикатов, не вызывает сомнения длительное и устойчивое существование в илах глубоководно-восстановительных условий. Наконец, отметим положительную генетическую связь между содержанием органического углерода, битумов («хлороформенных» и «спиртобензольных») и пирита.

Охарактеризованная толща формировалась в относительно удаленной от берега части морского бассейна, о чем свидетельствуют гранулометрический состав пород, обогащение их органическим веществом и железом, особенно его аутигенными формами, и присутствие тонкой параллельной слоистости. Позднеюрский — раннемеловой морской бассейн имел в основном нормальную соленость, что обусловило исключительно высокое (в среднем около 1,1) отношение количества пиритного железа к органическому углероду, а также широкое распространение среди конкреционных образований фосфатно-карбонатных и кальцитовых стяжений. Присутствие глауконитовых прослоев свидетельствует о довольно высокой температуре придонных вод. Нормальная соленость и высокая температура обусловили развитие бентосной и нектонной фауны. В породах встречены остатки аммонитов, белемнитов, двусторчатых моллюсков, гастропод, скафопод, ракообразных и фораминифер, установлены следы деятельности детритофагов, найлены обрывки водорослей.

В осадках существовали восстановительные и глубоководно-восстановительные условия, связанные с довольно высоким (в среднем около 3%, максимум 7%) исходным содержанием органического вещества. Емкость восстановительных процессов была велика — количество $\text{C}_{\text{орг}}$, израсходованного на редукцию железа и серы [8], составляет в среднем 1,5%, поднимаясь до 4%.

В пределах континента господствовал теплый влажный климат, что в сочетании с вялостью тектонических движений и слабой расчлененностью суши обусловило довольно интенсивное химическое выветривание. Об этом свидетельствуют исключительно высокое содержание железа при небольшом (в среднем около 20%) количестве его «обломочной» формы, присутствие глауконитовых прослоев и фосфатов, спорадическое окремнение пород.

Весьма значительное для глинистых пород содержание железа (до 11,2%) при резком преобладании его аутигенных, в том числе силикатных, форм свидетельствует об интенсивном поступлении в бассейн продуктов выветривания траппов Сибирской платформы. Это подтверждается также и результатами изучения глинистых минералов, согласно

которым значительная часть монтмориллонитов и смешаннослойных образований (с решеткой, не стабилизирующейся после насыщения калием [10]), возникла по эффузивному и пирокластическому материалу.

Для отдельных этапов позднеюрского-раннемелового осадконакопления п-ова Пакса отмечаются более или менее значительные отклонения от описанной средней картины.

На раннем этапе (оксфорд — начало волжского века) в морском бассейне нормальной солености в условиях относительного мелководья формировались осадки с высоким содержанием алевритовых частиц, отдельными глауконитовыми прослоями, каолинитом, остатками разнообразной и обильной фауны, в том числе многочисленными известковыми фораминиферами, свидетельствующими, по мнению В. А. Басова [1], об открытом характере морского бассейна и о нормальном газовом режиме придонных вод. Следует отметить, что в конце кимериджа и в ранневолжское время происходил, по-видимому, частичный перемыв осадков, обусловивший присутствие обильных, нередко окатанных ростров белемнитов [2, 7], исключительно высокое содержание остатков фораминифер, уменьшение количества органического вещества и пирита.

В течение поздневолжского и раннеберриасского времени формировались существенно глинистая толща с максимальными в изученном разрезе содержаниями органического вещества, железа и его аутигенных форм, рассеянным кремнеземом и фосфатами. Комплексные литолого-геохимические данные свидетельствуют об интенсивных процессах химического выветривания на территории Западной и Северной Сибири [3, 5, 6]. Это была эпоха пенепленизации и потепления, эпоха формирования шамозито-глауконито-фосфоритовой формации по периферии бассейнов и кое-где в их центральных частях битуминозных сланцев.

Интересно отметить широкое распространение тонкослоистых и листоватых текстур в глинистых породах этой части изучаемого разреза. Такие текстуры в сочетании с высоким содержанием органического вещества и пирита — характерный признак глубоководных осадков современных морских бассейнов с застойными водами, таких, как Черное море, норвежские фьорды, заливы у берегов Калифорнии [9]. Не исключено, что и Паксинский, удаленный от берега и относительно глубоководный район позднеюрского-раннемелового бассейна временами характеризовался аномальным газовым режимом. Результаты выполненного В. А. Басовым [1] изучения фораминифер также свидетельствуют об относительно глубоководном характере отложений. Бентонные фораминиферы, встреченные в этой части разреза, представлены песчаными тонкозернистыми формами (комплекс с *Haplophragmoides emeljanzevi*). Исключительная видовая однородность этого комплекса, выдержанная на громадной территории севера Сибири, по масштабу сравнима лишь с однородностью современных комплексов ложа глубоководных морей и океана.

Характерной особенностью рассматриваемых отложений являются частые и довольно резкие колебания различных литолого-геохимических показателей — состава глинистых минералов, содержания органического углерода, битумов, железа и соотношения его форм, характера конкреций (присутствие кальцитовых, сидеритовых, фосфатно-карбонатных и пиритовых образований). Такие же колебания отмечаются для количественного содержания фораминифер в породах, а также для соотношения фораминифер с известковой и песчаной раковинами.

Эти колебания в значительной мере обусловлены присутствием в разрезе двух (первого и второго) типов глинистых пород, обладающих, как было показано выше, различными литолого-геохимическими харак-

теристиками. Глинистые породы первого типа возникли в более «прибрежных» условиях нормально аэрируемого бассейна. Поэтому они обогащены монтмориллонитом, смешаннослойными минералами и силикатным железом, поступавшими с континента при разрушении трапповых образований, и обеднены органическим веществом и пиритом. Темно-серые плитчатые и листоватые, обогащенные сульфидами, органическим веществом и фосфатами глинистые породы второго типа формировались в застойных, более глубоководных условиях. В отличие от аргиллитов первого типа, в них отсутствуют следы переработки осадка бентонными организмами.

В связи с большей удаленностью береговых линий в это время, видимо, ослаблялось поступление терригенного материала с траппового поля Сибирской платформы и начинало чувствоваться влияние внутренних и, возможно, таймырских источников сноса, обусловившее, вероятно, возрастание роли гидрослюды и присутствие в осадках примеси каолинита, тесно связанного, как показывают результаты изучения целого ряда разрезов синхронных отложений Хатангской впадины, с северными источниками сноса. К концу рассматриваемого этапа наблюдалось некоторое обмеление бассейна и, возможно, ослабление интенсивности выветривания: в осадках появляются зерна лептохлоритов и уменьшается количество фосфатов и кремнезема.

В позднем берриасе формирование осадков протекало в стабильных условиях в удаленной от берега части морского бассейна нормальной солености, преимущественно с нормальным газовым режимом. Интересно отметить присутствие среди довольно однородных (по литолого-геохимическим данным) глинистых пород соответствующей пачки отдельных прослоев темных коричневато-серых тонкоплитчатых и серых вязких глин «волжского» облика, обогащенных как и волжские и нижнеберриасские отложения, органическим веществом, железом и сульфидами. Для этих глин характерно почти полное отсутствие известковых фораминифер и значительное сокращение численности песчаных. В то же время для пачки в целом можно отметить значительное увеличение содержания известковых фораминифер. Можно предположить, что формирование темных прослоев происходило в застойных условиях, возникавших однако, в отличие от волжского и раннеберриасского времени, лишь периодически и кратковременно.

Резкое изменение условий осадкообразования произошло в ранневаланжинское время. Высокое содержание алевритовых частиц, появление лептохлоритовых зерен, вермикулита, уменьшение содержания органического вещества, железа, сульфидов, наконец, присутствие обильных песчаных фораминифер мелководного облика — все это свидетельствует о приближении береговой линии, ослаблении процессов химического выветривания и формировании осадков в условиях относительно мелководного, заметно опресненного бассейна. В связи с постоянно пониженным содержанием органического вещества в осадках впервые возникла устойчивая нейтральная и слабовосстановительная обстановка, и емкость восстановительного процесса характеризуется приблизительно 0,5% $C_{орг}$, израсходованного на редукцию железа и серы.

Таким образом, для позднеюрского — раннемелового бассейна внутренней зоны Хатангской впадины характерна эволюция от относительно мелководных (оксфорд-ранневолжское время) к глубоководным (поздневолжское-берриасское время) и вновь к мелководным (валанжин) условиям.

Характер отложений (их преимущественно глинистый состав, насыщенность хемогенными конкреционными образованиями, присутствие рассеянных фосфатов, кремнезема, высокое содержание органического

вещества, железа, серы, смешаннослойных минералов, хлоритов и шамотита, значительное количество разнообразных палеонтологических остатков) обусловлен сложным влиянием нескольких факторов: значительной удаленностью береговых линий, возникновением осадков в тепловодном морском бассейне нормальной солености, интенсивным химическим выветриванием на континенте и широким развитием основных пород в пределах областей сноса.

В последующее время рассмотренные отложения были перекрыты толщей более молодых осадков. При этом глубина погружения верхнеюрских и валанжинских отложений, судя по их пористости (в среднем 10—12%), не превышала 2 км. Незначительная степень катагенетической переработки пород, проявившейся главным образом в их уплотнении и литификации, обусловила сохранность таких относительно неустойчивых минеральных компонентов, как монтмориллонит и смешаннослойные минералы с высоким (80—90%) содержанием набухающих слоев, позволяя с большой полнотой использовать современные литолого-геохимические характеристики отложений для восстановления условий осадконакопления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басов В. А. О составе фораминифер в волжских и берриаских отложениях севера Сибири и Арктических островов.— В сб.: Мезоз. морск. фауны Севера и ДВ СССР и их стратигр. значение. «Наука», 1968.
2. Басов В. А., Захаров В. А. и др. Зональное расчленение верхнеюрских и нижнемеловых отложений разреза Урдюк-Хая (п-ов Пакса, Анабарский залив). Уч. зап. НИИГА, палеонт. и биостр., вып. 29, 1970.
3. Казаринов В. П., Бгатов В. И. и др. Выветривание и литогенез. «Недра», М., 1969.
4. Каплан М. Е. Об окислительно-восстановительных условиях формирования триасовых отложений Южного Приморья. Геохим. сб., № 10, тр. ВНИГРИ, вып. 279, 1969.
5. Контарович А. Э. Геохимия верхнеюрских отложений Западно-Сибирской плиты. Литол. и полезн. ископ., № 3, 1967.
6. Ронкина З. З. Вещественный состав и условия формирования юрских и меловых отложений севера Центральной Сибири. Тр. НИИГА, т. 146, 1965.
7. Сакс В. Н., Ронкина З. З. и др. Стратиграфия юрской и меловой систем на севере СССР. Изд-во АН СССР, 1963.
8. Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. Изд-во АН СССР, 1960.
9. Shepard F. Submarine geology. N. J., 1963.
10. Weaver C. E. The distribution and identification of mixed layer clays in sedimentary rocks. Amer. mineral., vol. 41, № 3—4, 1956.

*ВНИГРИ, НИИГА,
Ленинград*

*Поступила в редакцию
6 апреля 1971 г.*