

УДК 550.8.052

Н.В. Евдокимов¹, В.А. Жемчугова²**РАННЕПЕРМСКИЕ ОРГАНОГЕННЫЕ ПОСТРОЙКИ СЕВЕРА
ТИМАНО-ПЕЧОРСКОГО БАССЕЙНА***ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские Горы, 1**Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskiye Gory, 1*

Нижнепермские органогенные постройки севера Тимано-Печорского бассейна относятся к типу холмов и характеризуются крайне неравномерным распределением коллекторских свойств, имеющим прямую связь с фациальной зональностью и генетическими особенностями отложений. По преобладающим литотипам известняков и, соответственно, сформировавшим их палеосообществам бентосных организмов выделены два вида холмов, названных скелетными и микробиальными, различия между которыми являются ключом к пониманию распределения резервуаров углеводородов в рассматриваемом стратиграфическом интервале.

Ключевые слова: нижняя пермь, органогенные постройки, карбонатные холмы, природные резервуары, углеводороды.

Lower Permian organogenic buildups within the Northern part of Timan-Pechora basin are mounds-type structures. They are characterized by an extremely irregular distribution of reservoirs which are linked to facial zones and genetic features of the deposits. Two types of buildups were distinguished qualified as microbial and skeletal mounds formed by different paleo-communities of benthic organisms. The composition and textural-structural features of prevailing limestones within these buildups there is a key to understand the distribution of reservoirs within the area of study.

Key words: Lower Permian, organogenic buildups, carbonate mounds, natural reservoirs, hydrocarbons.

Введение. На территории Тимано-Печорского бассейна рифовые массивы и прочие органогенные постройки представляют собой ключевые резервуары для углеводородов в стратиграфическом интервале от позднего девона до ранней перми включительно. Сосредоточенные в них значительные запасы нефти и газа стимулируют практический интерес, проявляемый к прогнозированию качества коллекторов и поиску залежей. В большинстве случаев биогенные постройки отчетливо прослеживаются на записи сейсмических данных. На основании эмпирических сведений, полученных в ходе бурения и разработки на территории бассейна, сложился устойчивый стереотип, что каждая подобная структура содержит интервалы эффективных толщин. Однако эта взаимосвязь нарушается в карбонатных холмах, в изобилии встречающихся в разрезе нижнекаменноугольных–нижнепермских отложений севера Тимано-Печоры (рис. 1). Скважины, пробуренные на относительно высокоамплитудную органогенную постройку часто не содержат в разрезе эффективных толщин, в то время как в расположенных поблизости скважинах вскрыты интервалы коллекторов значительной мощности. Установление зависимости качества раннепермских резервуаров от генетических, се-

диментологических и структурных особенностей пород — основная цель нашей работы, имеющей непосредственное прикладное значение для нефтегазовой индустрии в регионе.

Седиментологический анализ, применяемый к керновому материалу, данным ГИС и сейсморазведки, позволил установить палеоэкологические и палеогеографические особенности развития органогенных построек рассматриваемого интервала, предопределившие их резервуарный потенциал. Все органогенные холмы (терминология по [James, Worque, 1992]) региона, по преобладанию в них известняков разного генезиса были подразделены на два основных типа, названные скелетными и микробиальными, сформированных принципиально отличающимися палеоэкологическими сообществами бентосных организмов. Вторичные изменения, имеющие для карбонатных отложений колоссальную роль и представленные процессами выщелачивания, трещинообразования и перекристаллизации, имеют четкую связь с фациальным строением и лишь усиливают изначально заложенные в породе свойства, что делает генетический подход ключом к решению поставленных задач.

Материалы и методы исследования. В рамках исследования был применен целенаправленный

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых; аспирант; *e-mail:* nik.evdokimov@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых; профессор; *e-mail:* zem@gds.ru

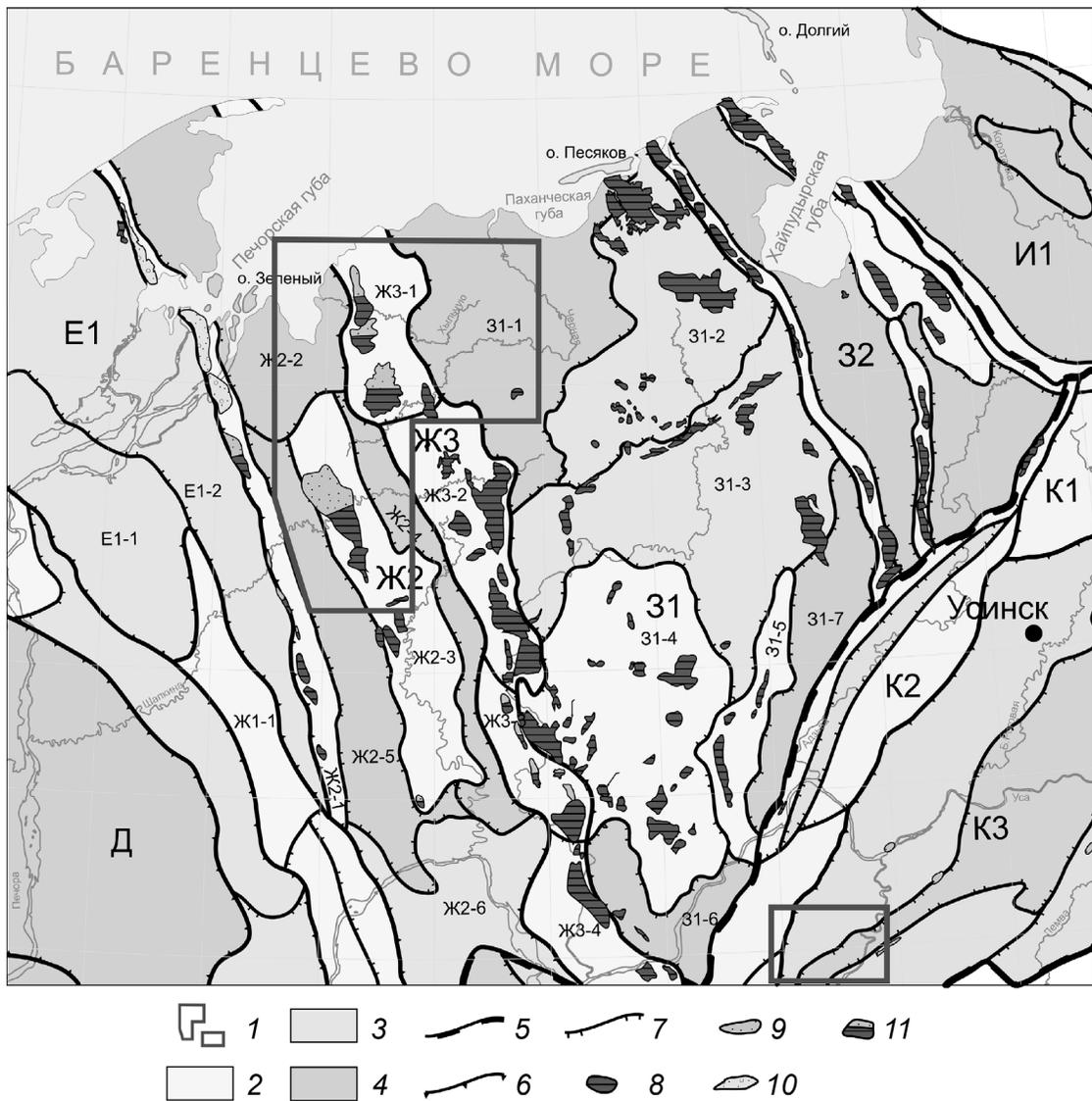


Рис. 1. Обзорная тектоническая карта района исследования [Изучение, 2005]: 1 — район исследования; 2 — мегавалы, валы и поднятия; 3 — моноклинали, ступени и седловины; 4 — прогибы, впадины, депрессии и котловины; границы структур: 5 — крупнейших региональных, надпорядковых; 6 — крупных (1-го порядка); 7 — средних (2-го порядка); месторождения: 8 — нефтяные, 9 — газовые, 10 — газоконденсатные, 11 — смешанные.

Тектонические элементы: надпорядковые: Д — Ижма-Печорская синеклиза, Ж — Печоро-Колвинский авлакоген, И — Пайхой-Новоземельская раннекиммерийская складчатая система; 1-го порядка: Е1 — Малоземельско-Колгуевская моноκлираль, Ж1 — Печоро-Кожвинский мегавал, Ж2 — Денисовский прогиб, Ж3 — Колвинский мегавал, 31 — Хорейверская впадина, 32 — Варандей-Адзввинская структурная зона (авлакоген), И1 — Коротаихинская впадина, К1 — Воркутское поперечное поднятие, К2 — Гряда Чернышева, К3 — Косью-Роговская впадина; 2-го порядка: Е1-1 — Нарьян-Марская ступень, Е1-2 — Удачная ступень, Ж1-1 — Лебединский вал, Ж2-1 — Шапкина-Юрьянский вал, Ж2-2 — Усть-Печорская депрессия, Ж2-3 — Лайский вал, Ж2-4 — Верхнелайская депрессия, Ж2-5 — Тибейвисская депрессия, Ж2-6 — Лодминская перемычка, Ж3-1 — Ярейюский вал, Ж3-2 — Харьягинский вал, Ж3-3 — Возейский вал, Ж3-4 — Усинский вал, 31-1 — Чернореченская депрессия, 31-2 — Садаягинская ступень, 31-3 — Колвависовская ступень, 31-4 — Сандивейская поднятие, 31-5 — Макариха-Салюкинская антиκлиральная зона, 31-6 — Сыняньрдская котловина

седиментологический подход к комплексной интерпретации результатов анализа кернa, ГИС и сейсморазведки. На основании детальных макро- и микроскопических исследований каменного материала опорных скважин разработана принципиальная седиментационная модель нижнепермских карбонатов в районе исследований, основные элементы которой представлены двумя типами построек с разными структурно-генетическими особенностями и фаціальными комплексами относительного глубоководья и мелководья. Кро-

ме того, выявлено, что разрез имеет отчетливо циклическое строение, проявляющееся в закономерной смене литотипов известняков, которая соответствует изменениям относительного уровня моря и, вероятно, изменениям продуцирующей способности бентосных биоценозов.

Фаціальная неоднородность отразилась на фильтрационно-емкостных характеристиках отложений, структуре порового пространства и интенсивности воздействия процессов выщелачивания и трещинообразования.

Переход от выделенных в керне фаций и литотипов к каротажным фациям позволил решить проблему недостатка кернового материала из большинства скважин рассматриваемой области, а дополнительный анализ сейсмических данных сделал возможным прослеживание их по латерали и подготовку на качественном уровне предварительных выводов о распространении свойств нижнепермского карбонатного комплекса по площади.

Результаты исследований и их обсуждение.

Генетические и структурные особенности позднекаменноугольно-раннепермских органогенных построек. Позднекаменноугольно-раннепермские органогенные постройки Тимано-Печорского бассейна по морфологии и экологической эволюции относятся к числу холмов (по терминологии [James, Bourque, 1992]). Они отличаются от классических рифов отсутствием типичных массивных каркасных организмов, тыловых и передовых шлейфов, а также завершением их развития на пионерной стадии палеоэкологической сукцессии.

Терминологически вольно карбонатные массивы, вскрытые скважинами на территории Колвинского мегавала, Чернореченской депрессии и Денисовской впадины, названы нами скелетными и микробиальными холмами, чтобы подчеркнуть определяющую скелетную и микробиальную составляющие слагающих их известняков. Но, строго следуя классификации [James, Bourque, 1992], холмы, названные микробиальными, более соотносятся с понятием илового холма, в котором преобладают микробиальные разности.

Ведущая роль в образовании таких построек отводится либо микробной деятельности, либо процессу осаждения известкового ила, принесенного из внешних источников и локализованного гидродинамически.

Иловые холмы отличались от скелетных медленным ростом и слабой механической связью между составляющими их организмами, особенно посмертной. Из-за этого они не могли противостоять сильным волновым движениям воды, но хорошо улавливали мелкодисперсный материал, который заносил промежутки между организмами. Это означает, что формирование иловых (или микробиальных) холмов могло происходить только в условиях низкой энергии водной среды, существенно ниже границы волновой абразии.

В то же время существование и развитие скелетных построек, представляющих собой на момент роста сложные экосистемы, во многом зависели от количества производимого ими не только каркаса, но и осадка. Поэтому на скорость формирования скелетных холмов, их геометрию и длительность существования влияли в основном три фактора: динамика водной среды, скорость роста колонии и скорость седиментации осадка.

Любая каркасная постройка отражает неустойчивое равновесие между: 1) ростом вверх известьсекретирующих организмов; 2) постоянным

разрушением под воздействием приливных волн, штормов, ураганов, а также в результате биологической эрозии; 3) обильным образованием осадков и быстро растущими прикрепленными бентосными организмами; 4) одновременной цементацией, связанной с органическими и неорганическими процессами.

Это означает, что существование скелетных построек контролируется не только возможностью сохранности каркасов, но и способностью системы освобождаться от осадка, производимого организмами. Предполагается, что наиболее губительны для рифовых биоценозов процессы заиления, причем существенное количество ила могут создавать сами каркасообразователи: часть ила попадает в колонию фильтрующих организмов через поток фильтруемой взвеси, из которой органическая часть в значительной степени усваивается организмом, а минеральная выбрасывается им наружу в виде фекальных пеллет, оседающих вокруг организма.

Поэтому иловые (микробиальные) и скелетные холмы способны расти в зонах, различных по батиметрии, а значит, и по гидродинамической активности, первые — на склоне относительно глубоководной впадины, вторые — на топографически выраженных поднятиях с течениями и волнениями, вымывающими осадок из постройки, однако не приводящими к ее разрушению (рис. 2).

Литологическая характеристика отложений и обстановки осадконакопления. Позднекаменноугольно-раннепермские отложения, за исключением верхней части артинского яруса и единичных алевроитовых прослоев, встречающихся в скважинах на Лайском валу, представлены исключительно карбонатными породами, для описания которых нами использована система классификации, предложенная в работе [Dunham, 1962]. Во всех рассматриваемых разрезах ключевую роль играют два типа известняков: биокластовые, состоящие из обломков известьсекретирующих организмов и микротового материала (пак-, вак- и мадстоуны), и баундстоуны, в которых исходные компоненты были связаны между собой еще в процессе седиментации. Среди последних выделяются водорослевые, палеоаплизиновые, микробиальные, а также смешанные разности.

Помимо перечисленных выше типов известняков, в восточных районах Северного Урала значительную роль играют так называемые биоцементолиты — отложения, сформировавшиеся в результате быстрой посмертной биологически индуцированной цементации обломков живых организмов [Антошкина, Пономаренко, 2014]. Отметим, что в отложениях Лайского вала и на севере Колвинского мегавала они встречаются лишь в единичных образцах, приуроченных к фации микробиальных холмов.

Север Колвинского мегавала. Север Колвинского мегавала в течение ранней перми был одной из

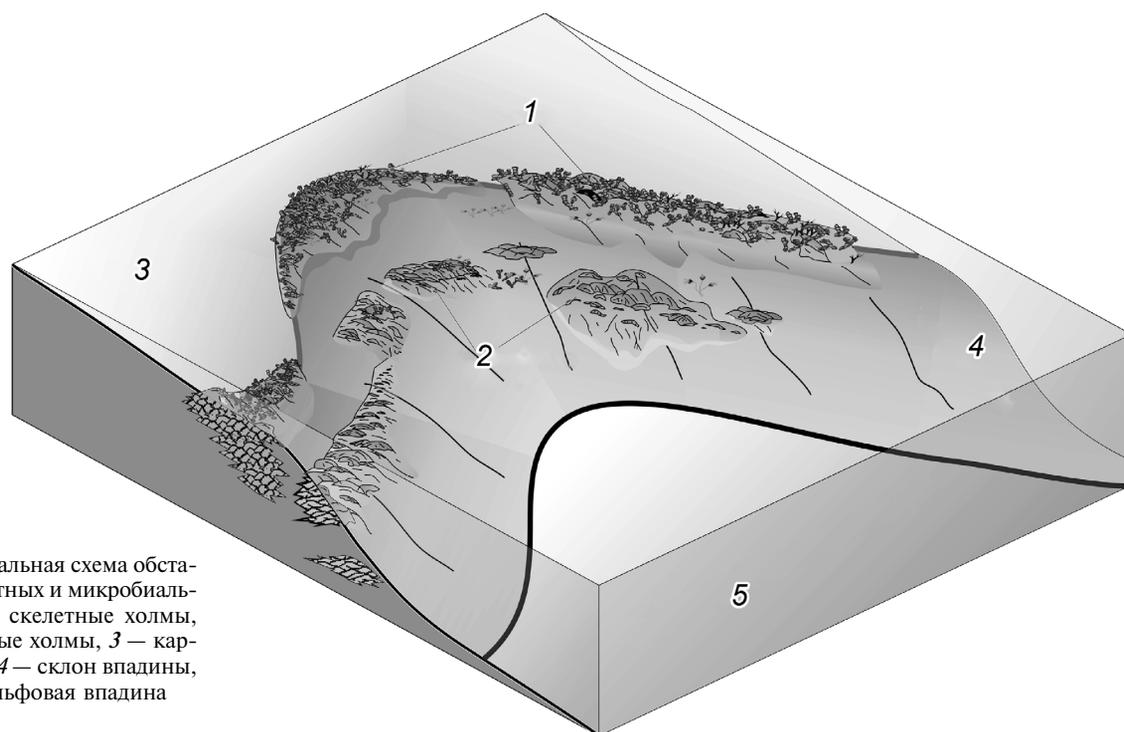


Рис. 2. Принципиальная схема обстановок роста скелетных и микробных холмов: 1 — скелетные холмы, 2 — микробные холмы, 3 — карбонатная отмель, 4 — склон впадины, 5 — внутришельфовая впадина

наиболее мелководных областей северной части Тимано-Печорского бассейна. Увеличение глубины происходило в северо-восточном направлении, где на территории современных Хорейверской и Косью-Роговской впадин преобладали относительно глубоководные обстановки.

Органогенные постройки этой области — один из основных объектов поисковых работ на нефть и газ и составляют значительную долю в общем объеме коллекторских отложений. На отдельно взятых участках они формируют обширную сеть взаимосвязанных между собой холмов, мощность которых может превышать 100 м. Скважины Северо-Колвинская-1 и Северо-Колвинская-2, пробуренные с отбором керна из рассматриваемого интервала, вскрыли полный разрез построек и предоставляют возможность изучить вертикальную последовательность их развития и сопоставить керновый материал с данными ГИС.

В скважине Северо-Колвинская-1 общая мощность ассельско-сакмарской скелетной постройки достигает 105 м. Она отчетливо видна на картине сейсмической записи, а на ГИС характеризуется классической каротажной картиной кривой ГК, где прослеживаются интервалы чистых скелетных известняков, выделяются и периоды затопления, сопровождаемые сменой литотипов на микритово-биокластовые разности и выделяемые по повышенной естественной радиоактивности.

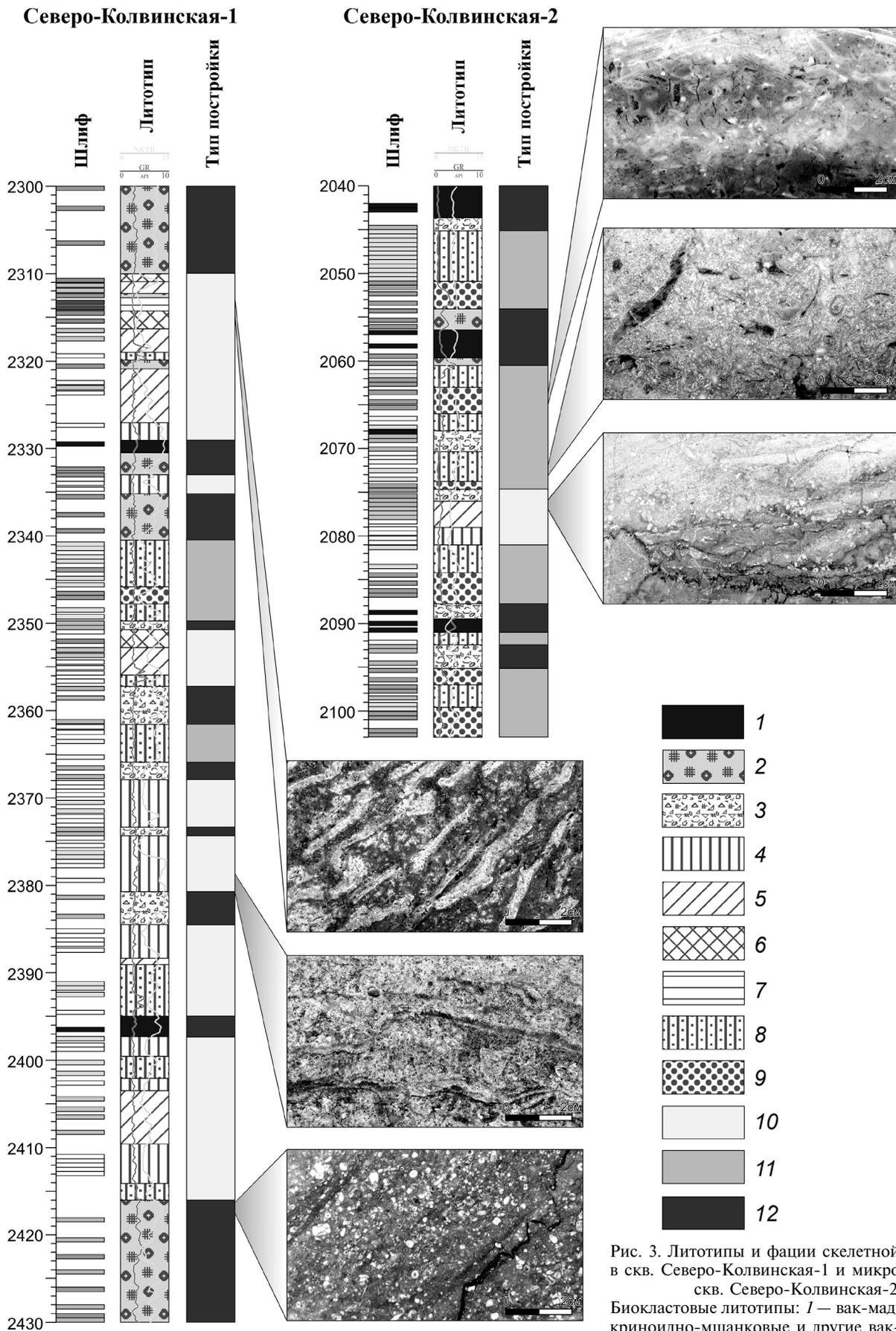
В разрезе преобладают водорослевые и водорослево-палеоаплизинные баундстоуны с интервалами криноидно-мшанковых пакстоунов (рис. 3). Присутствуют немногочисленные прослои микробных и микробияльно-водорослевых баундстоунов.

По керну отчетливо прослеживаются ключевые стадии развития постройки:

— стадия стабилизации — начальная фаза роста холма. Происходит постепенное накопление биокластового материала на локальных поднятиях морского дна, что приводит к его укреплению, это в дальнейшем позволяет сессильным организмам закрепиться на субстрате. Стадия выявлена в основаниях холмов и также наблюдается после периодов прекращения развития, вызванных затоплением или выведением в зону волновой активности. Накапливающиеся в этот период отложения представлены криноидно-мшанковыми и полидетритовыми вак-пакстоунами, реже биокластово-микробными и водорослево-микробными баундстоунами;

— стадия колонизации, на которой происходит массовое заселение подготовленного субстрата скелетными организмами. В рассматриваемой скважине роль основных колонизаторов играли палеоаплизины и филоидные водоросли с незначительной долей мшанок, криноидей и кальцимикробов.

Невысокое биоразнообразие бентосных организмов раннепермского Печорского моря не позволяло произойти переходу на следующую стадию развития (стадию диверсификации). Стадия колонизации продолжалась до прекращения развития постройки вследствие ее затопления или, наоборот, вывода в зону активной волновой деятельности (стадия деструкции). Периоды прекращения развития холма в разрезе скважины маркируются сменой литотипов на криноидно-мшанковые вак-пакстоуны и мадстоуны в случае резкого повышения уровня моря и на палеоаплизинно-водо-



типы: 4 — полидетритово-водорослевые баундстоуны, 5 — палеоаплизиново-водорослевые баундстоуны, 7 — палеоаплизиновые баундстоуны; микробальные литотипы: 8 — водорослево-микробальные баундстоуны, 9 — микробальные баундстоуны; типы построек: 10 — скелетная, 11 — микробальная, 12 — биокластовый интервал

Рис. 3. Литотипы и фации скелетной постройки в скв. Северо-Колвинская-1 и микробальной в скв. Северо-Колвинская-2.

Биокластовые литотипы: 1 — вак-мадстоуны, 2 — криноидно-мшанковые и другие вак-пакстоуны, 3 — полидетритовые пакстоуны; скелетные лито-

рослевые пакстоуны со следами хардграунда при выведении его в зону воздействия волн.

В разрезе скважины Северо-Колвинская-1 прослеживается 6–7 циклов развития постройки. Каждый цикл представлен последовательностью литотипов, имеющей мощность от 3 до 20 м. Новые бентосные сообщества образовывались на том же месте, где предшествовавшие, поскольку оно представляло собой уже подготовленную морфологическую неоднородность дна, и в результате общая мощность скелетной постройки может достигать 100 м и более.

Скважина Северо-Колвинская-2, подобно Северо-Колвинской-1, была пробурена на отчетливо различимой в волновом поле структуре, общая мощность которой составляет более 60 м. Однако при исследовании кернового материала выяснилось ее принципиально иное строение. Ключевое отличие — почти полное отсутствие в разрезе скважины скелетных литотипов. Общая мощность палеоаплизиново-водорослевых интервалов составляет менее 5 м. Основная часть холма сложена микробальными и водорослево-микробальными баундстоунами с немногочисленными маломощными (до 5 м) прослоями биокластовых разностей, среди которых преобладают полидетритовые и криноидно-мшанковые пакстоуны и мадстоуны (рис. 3). На записи ГИС постройка отличается от скелетных холмов более «изрезанной» кривой ГК, на которой отмечены интервалы затопления и смены чистых микробальных известняков глинистыми, микритовыми биокластовыми разностями. Кривая ПС напротив чистых интервалов имеет форму записи «обратный колокол».

По данным палеореконокструкций постройка была расположена на склоне локального поднятия. Более глубоководные условия, нежели описанные в скв. Северо-Колвинская-1, послужили причиной доминирования микробальных сообществ и формирования микробального холма.

Лайский вал (Денисовская впадина). На территории Денисовской впадины расположено крупное Лаявожское газоконденсатное месторождение, открытое в 1970-е гг., а также группа Командиршорских месторождений и многочисленные перспективные структуры. Территория охарактеризована относительно высокой степенью изученности как геофизическими методами, так и данными бурения. Палеогеографически Денисовская впадина в течение ранней перми занимала часть мелководно-морского шельфа, относящегося к обширному карбонатному рампу.

В общей массе резервуаров карбонатные постройки позднего карбона–ранней перми здесь не играют значительной роли и составляют всего около 5–10%. По имеющимся данным большинство из них относится к типу микробальных холмов с относительно невысокой мощностью и с низкими коллекторскими свойствами.

Нижнепермские карбонаты на Лаявожской и прилегающих площадях присутствуют в объеме ассельского, сакмарского и нижней части артинского ярусов. Большая часть карбонатов сложена биокластовыми известняками, чередующимися с относительно глубоководными разностями с повышенным содержанием микрита. Примеры органогенных построек вскрыты скважинами Лаявожская-22 и -2, Верхнелайская-500, Северо-Мишванская-20, Восточно-Лайская-1, где по данным скважинной геофизики и в керне отмечены интервалы развития водорослево-микробальных и реже палеоаплизиново-водорослевых баундстоунов мощностью от нескольких метров до нескольких десятков метров.

Признаки наличия скелетной постройки присутствуют в скв. Лаявожская-22, расположенной на западном склоне Лайского вала, где на глубине 2440–2455 м в керне наблюдаются микробально- и водорослево-палеоаплизиновые баундстоуны, залегающие на водорослево-микробальных баундстоунах, что характерно для строения большинства скелетных холмов.

Микробальные холмы обнаружены в скв. Лаявожская-2, Северо-Мишванская-20, Восточно-Лайская-1 (рис. 4). В первой из них отобран и описан керновый материал, где в интервалах 2300–2305 и 2355–2365 м присутствуют микробальные и детритово-микробальные баундстоуны. К сожалению, проследить весь интервал развития постройки не представляется возможным в связи с малым выносом и слабой сохранностью керна. По имеющимся данным мощность микробальных интервалов редко составляет более 5 м, что может свидетельствовать о неблагоприятных условиях развития палеосообщества.

Скважины Северо-Мишванская-20 и Восточно-Лайская-1 не охарактеризованы керном, но в них выполнен полный комплекс ГИС, по которому отчетливо выделяется несколько интервалов чистых известняков мощностью не более 20 м, чередующихся с предположительно высокомикритовыми разностями. Форма записи кривой ГК указывает на наличие многочисленных периодов прекращения развития холмов, что при сравнении с аналогами на севере Колвинского мегавала позволяет сделать предположение о микробальной природе этих построек.

Органогенные холмы на территории Денисовской впадины распространены не так широко, как на севере Колвинского мегавала, и имеют меньшую мощность, в среднем составляющую несколько десятков метров. Их развитие неоднократно прерывалось, что отображается как в керне, так и в форме записи ГИС. Дополнительное отрицательное воздействие на бентосные сообщества оказывал и привнос терригенного материала, отмеченный в шлифах в виде прослоев кварцевых алевролитов и глин.

Северо-Мишваньская-20

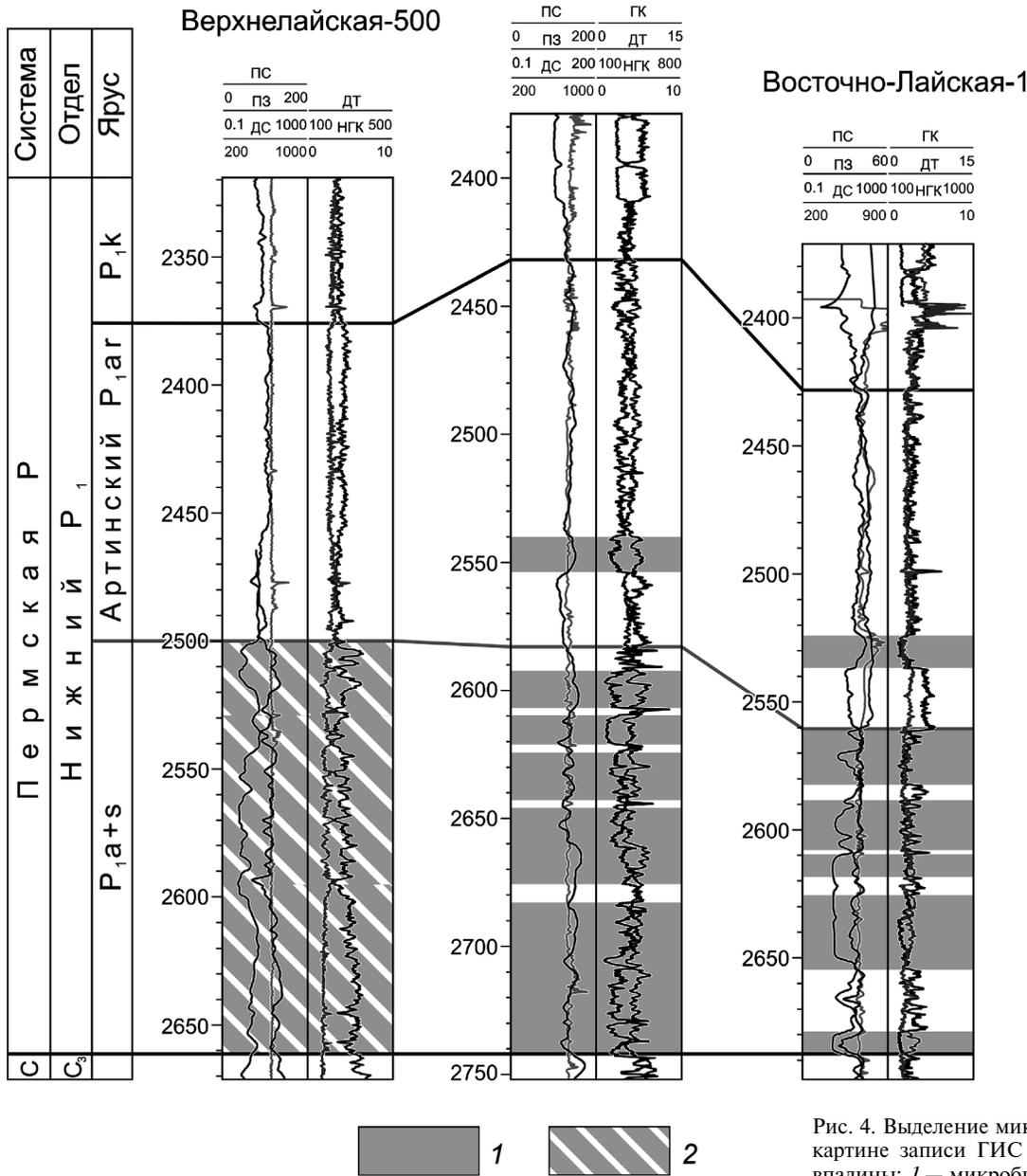


Рис. 4. Выделение микробных холмов на картине записи ГИС скважин Денисовской впадины: 1 — микробная постройка, 2 — предполагаемый интервал развития постройки

Ключевую роль в строении рассмотренных органогенных холмов Денисовской впадины играют водорослевые, микробально-водорослевые и реже палеоаплизиново-водорослевые литотипы с высоким содержанием микрита и обломочного материала криноидей и мшанок. В общем же разрезе ассельско-сакмарских отложений биокластовые разности явно преобладают над остальными литотипами.

Чернореченская депрессия. Среди рассматриваемых областей Чернореченская депрессия наиболее слабо изучена бурением, основная причина — отсутствие месторождений, за исключением Табровыхинского, где продуктивность верхнедевонских (сирачойских) отложений доказана одной скважиной. Однако доступные материалы сейсморазведки

и ГИС указывают на наличие как скелетных, так и микробных холмов в нижнепермских отложениях.

На территории Чернореченской депрессии постройки, характеризующиеся типичной каротажной картиной на кривых ГК и отчетливо проявляющиеся в волновом сейсмическом поле, вскрыты в скважинах Харейсинская-91, Вангурейяхинская-22 и Северо-Сюрхаратинская-1. Вероятнее всего, они относятся к типу скелетных холмов, локализованных по данным палеорекопструкций в пределах топографически выраженного поднятия на некотором удалении от склона глубоководной впадины. Мощность построек в этих скважинах достигает 150, 180 и 100 м соответственно, что в несколько раз больше мощности холмов, встре-

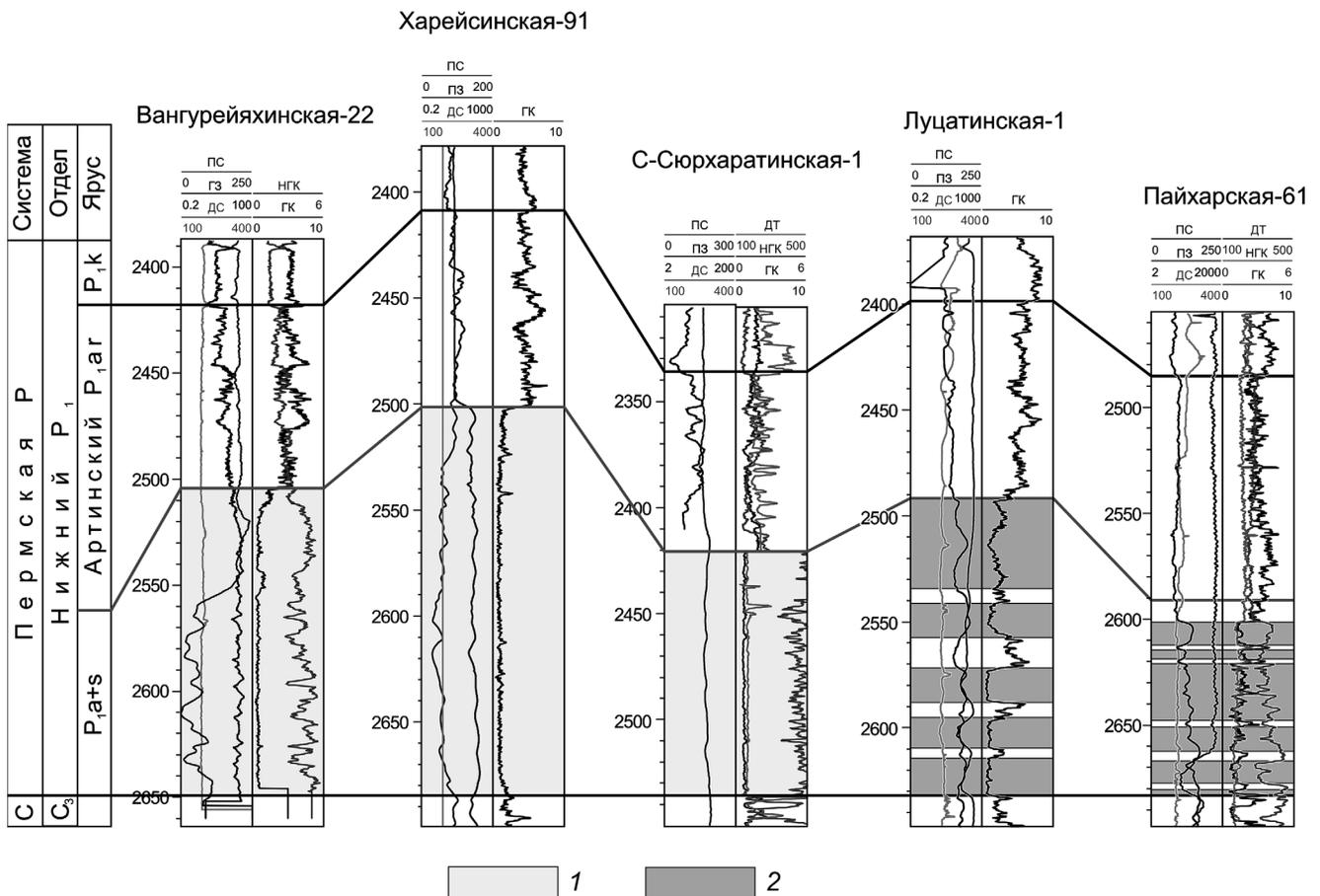


Рис. 5. Выделение ассельско-сакмарских скелетных и микробных холмов на картине записи ГИС скважин в Чернореченской депрессии: 1 — скелетные холмы, 2 — микробные холмы

чающихся в Денисовской впадине, и значительно больше мощности таковых на Колвинском мегавале. Помимо этого, судя по картине каротажной записи, в них отсутствуют или слабо выражены периоды прекращения развития, что с высокой долей вероятности указывает на благоприятные стабильные обстановки развития.

Микробный тип построек вскрыт скважинами Пайхарская-61 и Луцатинская-1, расположенными на склонах палеоподнятия. В них отчетливо прослеживаются интервалы прекращения развития и затопления, отображающиеся в смене генетически связанных каркасных известняков микритовыми, в разной степени глинистыми известняками нижнего склона. Суммарная мощность этих холмов без учета интервалов развития относительно глубоководных биокластовых разностей составляет около 70–80 м (рис. 5).

Западный склон Северного Урала. Многочисленные раннепермские скелетные постройки, наблюдаемые в естественных обнажениях вдоль рек Илыч, Кожим, Печора и других на Северном Урале, в большинстве случаев схожи по строению с таковыми, описанными нами на территории Колвинского мегавала. Ключевое отличие между ними состоит в широком развитии в Предуральской зоне биоцементолитов, которые почти полностью отсутствуют в северных районах бассейна.

Кроме того, на Северном Урале не описаны постройки, которые могли бы быть отнесены к типу микробных холмов, хотя микробные и водорослево-микробные литотипы в обилии встречаются в обнажениях скелетных холмов, особенно в их периферийных зонах.

Естественные обнажения, в отличие от скважин, позволяют проследить не только вертикальные, но и латеральные изменения отложений. Так, по описаниям Е.С. Пономаренко [Пономаренко, 2010], центральная часть идеализированного холма состоит преимущественно из филоидно-водорослевых биоцементолитов, вверх по разрезу сменяющихся на палеоаплизинные разности. Склоны же постройки сложены биокластовыми отложениями, которые по мере удаления от холма сменяются относительно глубоководными либо шельфовыми фациями. Наблюдается различие в строении склонов, ориентированных в сторону глубоководья и мелководного шельфа: на глубоководном склоне широко распространены сообщества кальцимикробов, формирующих микробные и водорослево-микробные баундстоуны, в то время как на мелководном преобладают мшанковые и криноидно-мшанковые пакстоуны.

Помимо вертикальной смены стадий экологической сукцессии (стабилизации и колонизации) палеоэкосистемы Северо-Уральских холмов реаги-

ровали на динамику водной среды, что проявлялось в форме роста скелетных организмов. Так, при уменьшении глубины ветвистые формы мшанок сменялись пластинчатыми и сетчатыми, прекращали развитие филоидные водоросли, а скелеты палеоаплизин становились более массивными.

Выводы. 1. Все постройки, выделяемые в асельско-нижнеартинском нижнепермском интервале, относятся к типу холмов. По преобладающим компонентам можно разделить их на два вида: скелетные и микробные. В формировании первых ключевую роль играли палеоаплизин и водоросли, а вторых — различные микробные сообщества.

2. Скелетные и микробные холмы формировались в разных палеогеографических условиях. Первые занимали области палеоподнятий и бровок с относительно активной гидродинамикой, но ниже базиса воздействия волн. Вторые находились на склонах палеовпадин, в областях со слабой подвижностью вод, в пределах эуфотической зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Антошкина А.И. Рифообразование в палеозое: север Урала и сопредельные области. Екатеринбург: УрО РАН, 2003.

Антошкина А.И., Пономаренко Е.С. Биоиндуцированная кристаллизация как реакция позднекаменноугольно-раннепермских рифовых экосистем на изменения биосферы // Становление скелета у различных групп организмов и биоминерализация в истории Земли. Сер. Гео-биологические системы в прошлом. М.: ПИН РАН, 2014. С. 44–62.

Жемчугова В.А. Верхний палеозой Печорского бассейна. Сыктывкар: Коми республиканское изд-во, 1998.

3. Наблюдается приуроченность интервалов с повышенными фильтрационно-емкостными свойствами к фациям скелетных холмов, литотипы которых из-за седиментологических особенностей имели повышенную пористость и были более подвержены процессам выщелачивания. Микробные постройки характеризуются низкими показателями пористости, а проницаемость в них формируется почти исключительно за счет вторичного трещинообразования.

4. В ходе исследования не отмечена принципиальная разница в строении холмов, расположенных на севере Колвинского мегавала, в Чернореченской депрессии и Денисовской впадине. Это позволяет предположить схожие обстановки их формирования. В то же время в естественных обнажениях Северного Урала ключевую роль играют биоцементолиты, почти не встречающиеся в разрезах нижней перми на севере Тимано-Печорского бассейна.

Жемчугова В.А. Природные резервуары в карбонатных формациях Печорского нефтегазоносного бассейна. М.: Мос. гос. горн. ун-т, 2002.

Изучение и анализ ресурсной базы углеводородного сырья на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Сыктывкар: Коми научный центр, 2005.

Пономаренко Е.С. Эволюция экосистем нижнепермских скелетных холмов Северного Урала. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2010.

James N.P., Bourque P.A. Reefs and mounds / R.G. Walker, N.P. James (eds) // Facies Models — Response to sea-level change. Geological Association of Canada, 1992. P. 323–347.

Поступила в редакцию 01.10.2019

Поступила с доработки 15.01.2020

Принята к публикации 15.01.2020