

СМЕНА СОСТАВА ИХНОФОССИЛИЙ В КЕЛЛОВЕЙ-ОКСФОРДСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО БАСЕЙНА КАК ОТРАЖЕНИЕ ЦИКЛИЧНОСТИ СЕДИМЕНТОГЕНЕЗА

П.А. Ян, Л.Г. Вакуленко

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

Обобщены результаты комплексных литологических и ихнофациальных исследований келловей-оксфордских отложений Западно-Сибирского осадочного бассейна по керновому материалу более 200 скважин. В разрезах различных структурно-фациальных зон идентифицировано 10 ихнофоссилий ихнофаций *Skolithos*, *Cruziana* и *Zoophycos*, прослежены пространственные изменения видового состава ихнофациальных сообществ. Установлено, что латеральные и вертикальные изменения в распределении ихнофоссилий четко согласуются с региональными закономерностями строения васюганского горизонта и связаны с циклическими перестройками седиментационных систем бассейна в келловей-оксфордское время.

Следы жизнедеятельности, ихнофации, цикличность, келловей-оксфордские отложения, Западная Сибирь.

CHANGING ICHNOFOSSIL COMPOSITION IN THE CALLOVIAN–OXFORDIAN SEDIMENTS OF THE WEST SIBERIAN BASIN AS A REFLECTION OF SEDIMENTATION CYCLICITY

P.A. Yan and L.G. Vakulenko

We summarize the results of the integrated lithological and ichnofacies studies of the Callovian–Oxfordian sediments in the West Siberian sedimentary basin on the basis of core samples from more than 200 wells. In the sections of various structure–facies zones, ten ichnofossils of the ichnofacies *Skolithos*, *Cruziana*, and *Zoophycos* have been identified and spatial variations in the species composition of ichnofacies assemblages have been traced. It has been found that lateral and vertical variations in the ichnofossil distribution agree with the regional structural patterns of the Vasyugan Horizon and are related to the Callovian–Oxfordian cyclic turnovers of the basin depositional systems.

Ichnofossils, ichnofacies, cyclicity, Callovian–Oxfordian sediments, West Siberia

ВВЕДЕНИЕ

Образование и преобразование осадков на Земле происходит непрерывно на протяжении нескольких миллиардов лет под воздействием комплекса факторов, которые определяют содержание, форму и взаимоотношение осадочных тел. Наиболее распространенным видом деятельности специалистов в области осадочной геологии является решение так называемой обратной задачи, которое может преследовать различные цели и заключается в расшифровке условий, причин и факторов формирования осадочных толщ по набору первичных признаков, запечатленных в них. Первичные признаки включают в себя состав и структуру породы, ее текстурные особенности, наличие и характер фаунистических и флористических остатков, минералы-индикаторы обстановок формирования и др. Указанные признаки могут быть в различной степени изменены постседиментационными процессами, степень и характер которых требуют отдельного изучения. Уровень современных седиментологических исследований диктует необходимость рассматривать все признаки осадочных пород в комплексе, уделяя особое внимание латеральным и вертикальным трендам в их изменении и характеру границ литологических тел, которые отражают постепенные изменения и резкие, одномоментные события в истории развития бассейна.

В общем поле генетических признаков особняком стоит группа биогенных текстур — следы жизнедеятельности донных организмов, или ихнофоссилии (др.-греч. *ikhmos* — след; лат. *fossilis* — ископаемый). С одной стороны, они, безусловно, являются очень важным показателем обстановок осадконакопления, несут неопределимую информацию об условиях существования организмов, преобладании тех или иных типов метаболизма или фотосинтеза на определенных этапах развития биоты, особенно в докембрии, когда скелетные формы еще не получили должного развития для изучения таксономического разнообразия древней жизни [Алексеев и др., 2001]. С другой стороны, следы жизнедеятельности чрез-

вычайно разнообразны по своей морфологии, трудно поддаются идентификации, их интерпретация часто бывает весьма неоднозначна. Сложность диагностики собственно следов жизнедеятельности в осадочных породах состоит также и в том, что они часто трудноотличимы от текстур внедрения, смятия осадка, трещин синерезиса и др. Моделирование биотурбационных процессов в искусственных условиях крайне затруднено, а проецирование результатов наблюдения жизнедеятельности бентосных форм фауны в современных осадках на древние толщи полностью зиждется на принципе актуализма.

Следы жизнедеятельности донных организмов в осадочных толщах привлекали внимание многих исследователей начиная с XIX в. Подавляющее большинство ихнофоссилий, обнаруженных нами в юрских отложениях Западно-Сибирского осадочного бассейна, были выделены в различных регионах мира в период с 1833 по 1891 г. В Советском Союзе следы жизнедеятельности рассматривались в работах Р.Ф. Геккера, Н.Б. Вассоевича, В.А. Гроссгейма и др. Целенаправленные исследования следов жизнедеятельности донных организмов, их ассоциаций и фациальной приуроченности проводились О.С. Вяловым, создавшим оригинальную основу их систематики и классификации. Однако эти работы не получили широкой известности и должного развития. Концепция ихнофациального анализа зародилась в середине XX в. за рубежом и неразрывно связана с именем Адольфа Зейлахера, который впервые осмыслил причины изменчивости следов жизнедеятельности и предложил их классификации. В настоящее время кроме таксономической наибольшей известностью пользуются этологическая [Seilacher, 1953, 1964; Ekdale et al., 1984; Donovan, 1994] и топономическая [Seilacher, 1953; Martinsson, 1970] классификации ихнофоссилий, которые подробно описаны в работах Г.-Э. Рейнека и И.Б. Сингха [1981], Дж. Пембертона с соавторами [Pemberton et al., 2002], Р. Микулаша и А. Дронова [2006] и других.

В основе этологической классификации лежит представление об ограниченности типов поведения организмов, которые, стремясь выжить самостоятельно и дать жизнеспособное потомство, приспосабливаются к окружающей среде. Первоначально А.Зейлахер выделил пять этологических групп ихнофоссилий: следы отдыха, ползания, касания, текстуры питания и обитания [Seilacher, 1953]. Исходя из тех же представлений, А. Экдэйл с соавторами [Ekdale et al., 1984; Ekdale, 1985] различали восемь основных категорий ихнофоссилий: следы покоя (*cubichnia*), следы передвижения (*repichnia*), постройки жилищ (*domichnia*), следы пастбищ (*pascichnia*), следы питания (*fodinichnia*), следы фермерства (*agrichnia*), следы бегства (*fugichnia*) и следы хищничества (*praedichnia*) (рис. 1). Животные, оставившие следы, эволюционировали, но основные типы их поведения, по существу, не менялись, определяясь внешними факторами, действовавшими в заселенной организмами среде.

Топономическая классификация описывает общую морфологию следов жизнедеятельности организмов в среде.

Топономическая классификация описывает общую морфологию следов жизнедеятельности организмов в среде.

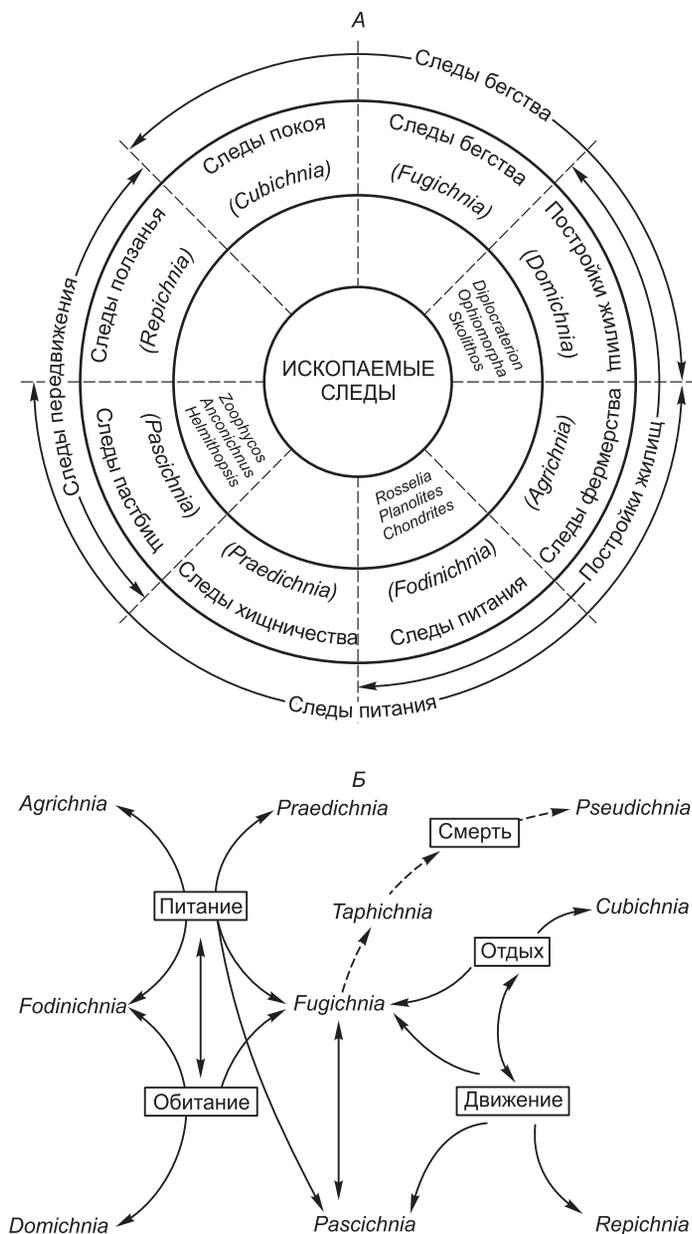


Рис. 1. Этологическая классификация следов жизнедеятельности (А) и взаимоотношение между основными типами поведения (Б).

При изменении параметров окружающей среды фактически все следы переходят в *fugichnia* — текстуры бегства или стремления к равновесию. Длительный стресс может приводить к смертельной агонии (*taphichnia*) [Frey, Pemberton, 1987; Pemberton et al., 1992].

[Seilacher, 1964]	[Martinsson, 1970]	[Monaco, Checconi, 2008]
Full relief	Exichnia	Hypichnia (IV)
Semirelief (epirelief)	Epichnia	Endichnia (sandy and/or muddy) (III)
Full relief	Endichnia	Exichnia (I)
Semirelief (hyporelief)	Hypichnia	Epichnia (II)
Full relief	Exichnia	Crossichnia (V)

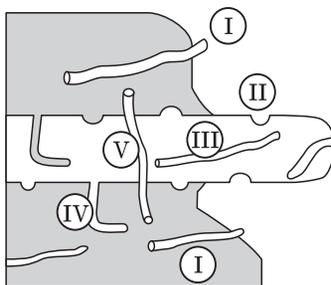


Рис. 2. Примеры топономических классификаций следов жизнедеятельности.

деятельности и их положение относительно слоистой структуры осадочных образований. Наиболее известной из этой группы является классификация А. Мартинссона (рис. 2) [Martinsson, 1970]. Более поздней является классификация С.К. Чамберлейна [Chamberlain, 1971], которая повторяет в общих чертах результаты предыдущих работ. Он разделил следы жизнедеятельности на три группы: 1) эндогенные (endogene), располагающиеся в пределах однородного слоя и заполненные соответствующим осадком; 2) эпигенные (epigene) следы, которые секут верхнюю поверхность вмещающего слоя и заполнены в той или иной мере осадком вышележащего слоя; 3) интергенные (intergene) следы, которые формируются на поверхности слоя или на границе между двумя слоями. В ряде случаев, когда структуру осадочной толщи удастся достаточно четко привязать к событиям и этапам развития седиментационного бассейна, использование топономических классификаций может оказаться весьма эффективным, как, например, показано в работе П. Монако и А. Чекони, сопоставивших топономию и таксономию ихнофоссилий турбидитов и гемипелагитов Северных Апеннин [Monaco, Checconi, 2008].

Таксономическая классификация следов жизнедеятельности ископаемых организмов предполагает обозначение морфологии и структуры следов и входит в Международный кодекс зоологической номенклатуры 1985 и 2000 годов. В рамках паратаксономической номенклатуры следы жизнедеятельности ископаемых организмов получают латинские обозначения в контексте ихнородов и ихновидов, но не имеют более высоких уровней классификации. Следы, оставленные современными животными, классифицируются обычно с использованием собственных названий этих животных.

Понятие ихнофагии, изначально введенное А. Зейлахером [Seilacher, 1962] как обособленные и повторяющиеся ассоциации определенных следов жизнедеятельности, в настоящее время в сознании мировой научной общественности трансформируется и приобретает более многогранную и глубокую формулировку. Согласно последним представлениям, ихнофагия является строгой, комплексной системой, которая базируется на точных ихнологических наблюдениях и надежных результатах седиментологических исследований вмещающих осадков [MacEachern et al., 2007]. Она является рекуррентной во времени и в пространстве ассоциацией ихнофоссилий, очень тесно связанной и, как правило, ограниченной литофагией, отражает особенности комплексирования типов поведения организмов и является показателем перехода системы организм—осадок в максимально равновесное состояние с условиями окружающей среды. Ихнофагии являются неотъемлемой частью осадочной породы в широком смысле, состоят из первичных биогенных текстур, отражающих реакцию животных на изменения энергии окружающей среды, скорости осадконакопления, количества и типа поступающей пищи, консистенции субстрата, солености воды, а также на наличие кислорода, колебания температуры и на многие другие факторы. Как и литофагии, ихнофагии подчиняются закону Головкинского—Иностранцева, характеризуются предсказуемой латеральной и вертикальной последовательностью и могут быть зартированы. Как и результаты любого другого анализа, направленного на восстановление особенностей древнего осадконакопления, ихнофагиальные реконструкции являются достоверными, если проведены в комплексе с седиментологической и стратиграфической интерпретацией всей совокупности доступных характеристик осадочных образований.

Название ихнофагиям обычно дается по наиболее типичному ихнороду в их составе. Однако представители этого ихнорода не обязательно должны присутствовать в ихнофагии в каждом конкретном случае. Также некоторые ихнороды и ихновиды относят к нескольким, чаще всего — смежным по латерали и вертикали, ихнофагиям.

До конца 80-х годов XX в. считалось, что значение ихнофагиального анализа для решения задач стратиграфии несущественно из-за рекуррентности ихнофагий. Однако появление и развитие сиквенс-стратиграфии, ее широчайшее внедрение практически во все отрасли осадочной геологии, послужило

Рис. 3. Структурно-фациальное районирование и фрагмент региональной стратиграфической схемы келловей и верхней юры Западной Сибири (Решение..., 2004) с изменениями автором, показанными серыми штриховыми линиями).

1 — границы фациальных областей морского (северная), переходного (промежуточная) и континентального (южная) седиментогенеза; границы структурно-фациальных районов (2) и под-районов (3); 4 — зона выклинивания келловей-верхнеюрских отложений на западе Западной Сибири; 5 — административные границы.

причиной резкого увеличения актуальности разностороннего изучения следов жизнедеятельности. Обоснование сиквенс-стратиграфических подразделений разного порядка напрямую связано с выделением несогласий и перерывов в осадочных толщах, которые зачастую выражены в разрезе очень нечетко. В таких случаях детальные исследования ихнофоссилий и их сообществ могут быть весьма эффективны для определения в осадочных толщах различных типов границ и их генетической интерпретации [Pemberton et al., 1992].

Начавшееся в конце 90-х годов XX в. целенаправленное изучение юрских ихнофоссилий в лаборатории седиментологии ИНГГ СО РАН позволило установить основные закономерности их распространения по разрезу и по площади Западно-Сибирского осадочного бассейна [Вакуленко, Ян, 2001]. Наибольшая частота встречаемости и наибольшее разнообразие комплекса следов жизнедеятельности донных организмов отмечено в келловей-оксфордском васюганском горизонте, который и послужил объектом исследования в настоящей работе.

Согласно последней схеме структурно-фациального районирования и региональной стратиграфической схеме келловей и верхней юры (рис. 3), в составе горизонта на юге и юго-востоке осадочного бассейна выделены существенно континентальные наукаская, татарская и тяжинская свиты. В Пурпейско-Васюганском районе выделяется васюганская свита, которая делится на нижнюю, существенно морскую глинистую подсвиту, и верхнюю, представленную чередованием дельтовых, прибрежно- и мелководно-морских алевритопесчаных пластов и глинистых пачек с существенно континентальными углисто-терригенно-глинистыми отложениями. Особенности этого чередования позволили разделить область распространения васюганской свиты на три подрайона [Ян и др., 2001]. В южном Обь-Тарском и центральном Обь-Аганском подрайонах, которые расположены в пределах Обской региональной ступени (тектоническое районирование, по [Конторович и др., 2001]), существенно континентальные отложения в средней части верхневасюганской подсвиты выделяются в самостоятельные межугольную или углисто-глинистую пачки. Севернее, в пределах Ямало-Карской региональной депрессии, где в верхневасюганской подсвите континентальные отложения практически отсутствуют, выделен Верхнепурский подрайон. В пределах Фроловско-Тамбейского и Казым-Кондинского районов распространены существенно глинистые и исключительно морские абалакская и даниловская свиты. В северо-восточном направлении нижневасюганская подсвита замещается глинистой точинской свитой, верхневасюганская — существенно песчаной нижней подсвитой сиговской свиты.

Таким образом, формирование горизонта происходило в последовательном ряду обстановок, отражающих переход от континентальных фаций на юге и юго-востоке к относительно глубоководным морским фациям в центральной части бассейна. В основании васюганского горизонта выделяется широко распространенная пахомовская пачка (пласт Ю₂⁰), представленная биотурбированными, слабосортированными глинистыми песчаниками и алевrolитами буровато- и зеленовато-серыми, кальцитизированными, сидеритизированными, пиритизированными, с глауконитом, карбонатными оолитами, рострами белемнитов, раковинами морских двустворок и многочисленных фораминифер. Ее нижняя, часто эрозийная граница считается субизохронной и фиксирует начало быстрой и обширной трансгрессии, одной из крупнейших в юрское время. Выше пахомовской пачки залегают черные с буроватым оттенком, тонкоотмученные плитчатые аргиллиты нижней половины нижневасюганской и нижнеабалакской подсвит, выделяемые в янскую пачку [Аухатов и др., 2005]. Ее формирование происходило в период максимального затопления келловейского палеобассейна. Последовавшие затем миграционные регрессии и трансгрессии [Бейзель и др., 2007] носили неравномерный характер и определялись преимущественно поступлением обломочного материала из региональных, в меньшей степени местных, источников сноса, что, в свою очередь, обусловило сложность строения верхней части васюганской свиты. Перекрывается васюганский горизонт развитой почти повсеместно барабинской пачкой, выделяемой в основании георгиевского горизонта.

ХАРАКТЕРИСТИКА КЕЛЛОВЕЙ-ОКСФОРДСКИХ ИХНОФОССИЛИЙ И ИХНОФАЦИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Келловей-оксфордские отложения в целом характеризуются широким распространением и большим разнообразием биотурбационных текстур. Из всего множества следов жизнедеятельности нами были уверенно идентифицированы десять ихнородов: *Diplocraterion*, *Ophiomorpha*, *Skolithos*, *Palaeophycus*, *Teichichnus*, *Planolites*, *Schaubcylindrichnus*, *Taenidium*, *Chondrites* и *Phycosiphon* (табл. 1).

Diplocraterion Torell 1870 представлены мелкими (3—5 мм в диаметре) норками U-образной формы, выполненными алевритовым, драпированными глинисто-органическим материалом. Боковые ветви обычно параллельны, расстояние между ними 2—4 см. Для пространства между ветвями U-образного хода характерно сегментарное строение, образованное протрузивными менисковидными перемычками (шпрейтами). Считается, что эти ихнофоссилии являются постройками постоянных жилищ животными, предположительно питающимися суспензией. В современных условиях *Diplocraterion* характерен для приливно-отливных равнин, дельтовых каналов и прибрежных мелководий с высокоэнергетическими условиями. Такие постройки могут формировать разнообразные морские организмы, включая многощетинковых червей [Pemberton et al., 2002]. В келловей-оксфордских отложениях Западной Сибири *Diplocraterion* встречаются достаточно редко, что, вероятнее всего, связано с трудностью их идентификации на поверхностях случайных срезов в керновом материале.

Ophiomorpha Lundgren 1891 зафиксированы в алевритопесчаных пластах васюганского горизонта. Они представляют собой систему субвертикальных, наклонных и субгоризонтальных разветвляющихся ходов. В керне встречаются в виде округлых и удлинённых некрупных (2—10 мм в диаметре) срезов, иногда конусовидной формы. Характерны значительная толщина и ячеистое строение стенок хода, образовавшихся в результате их укрепления глинисто-органическим пеллетовидным материалом, иногда впоследствии сидеритизированным (фототабл. I, фиг. 7—9). *Ophiomorpha* весьма характерны для мелководно-морских отложений, но могут встречаться также в опреснённых обстановках и штормовых отложениях на глубоком шельфе [Frey et al., 1978, 1990]. Заполнение ходов обычно пассивное, хотя иногда встречаются менисковидная внутренняя структура (шпрейты). В современных условиях такие следы оставляют десятиногие ракообразные, например, зарывающиеся креветки.

Skolithos Haldeman 1840 весьма широко распространены в алевритопесчаных породах горизонта. Они представлены цилиндрическими, изредка слабоизвилистыми, вертикальными и крутонаклонными ходами-норками диаметром 3—5, иногда до 10 мм, глубиной от первых сантиметров до 15—20 см, выполненными тем же осадком, что и вмещающие отложения. Их стенки обычно имеют тонкую драпировку глинистым или глинисто-органическим материалом (см. фототабл. I, фиг. 1—7). *Skolithos* являются

Таблица 1. Келловей-оксфордские ихнофоссилии Западно-Сибирского бассейна (составлено с использованием [Schlirf, 2003])

Ихнород	Топонимика	Этология	Система питания	Возможные продуценты
<i>Diplocraterion</i> Torell 1870	Endichnia	<i>Domichnia</i> / <i>Equilibrichnia</i>	Поедатели суспензии	Кольчатые черви, ракообразные
<i>Ophiomorpha</i> Lundgren 1891	Hypichnia, endichnia	<i>Domichnia</i> / <i>?Fodinichnia</i>	Поедатели суспензии и/или осадка	Ракообразные
<i>Skolithos</i> Haldeman 1840	Endichnia	<i>Domichnia</i>	Поедатели суспензии	Насекомые, паукообразные, кольчатые черви, форониды
<i>Palaeophycus</i> Hall 1847	Endichnia, редко — hypichnia	<i>Domichnia</i> / <i>?Fodinichnia</i>	Поедатели суспензии и осадка, хищники	Многощетинковые черви
<i>Teichichnus</i> Seilacher 1955	Endichnia	<i>Fodinichnia</i>	Поедатели осадка	Кольчатые черви, членистоногие
<i>Planolites</i> Nicholson 1873	Hypichnia	<i>Fodinichnia</i> / <i>Pascichnia</i>	Поедатели осадка	Различные червеобразные животные
<i>Schaubcylindrichnus</i> Frey and Howard 1981	Endichnia	<i>Domichnia</i>	Поедатели суспензии	Черви
<i>Taenidium</i> Heer 1877 (<i>Muensteria</i> Sternberg 1833)	Hypichnia, endichnia	<i>Fodinichnia</i>	Поедатели осадка, травоядные	Морские ежи, личинки насекомых
<i>Chondrites</i> von Sternberg 1833	Endichnia, редко — hypichnia и epichnia	<i>Chemichnia</i> / <i>Fodinichnia</i>	Поедатели осадка, хемосимбионты	Двустворки, сипункулиды, многощетинковые черви, членистоногие
<i>Phycosiphon</i> Fischer-Ooster 1858	Endichnia	<i>Fodinichnia</i>	Поедатели осадка	Червеобразные

постройками жилищ (*domichnia*), которые встречаются в самых разнообразных палеообстановках: от глубоководно- до мелководно-морских и пресноводных. Также широк спектр животных, которые могли оставлять такие следы: от насекомых и паукообразных до кольчатых червей и форонид [Alpert, 1974; Bown, 1982; Schlirf, Uchman, 2005; и др.].

Palaeophycus Hall 1847 встречены в пачках, сложенных алевропесчаниками и крупнозернистыми песчаными алевролитами, и представлены некрупными субгоризонтальными и наклонными изолированными туннелями диаметром 2—5 мм и видимой длиной 5—6 см. Для них характерно пассивное заполнение осадком, аналогичным вмещающему осадку. Стенки туннелей четкие, драпированные глинистым и органическим веществом, при этом покрытие достаточно тонкое (фототабл. II, фиг. 1). По этому признаку выделяемые нами ихнофоссилии близки к ихновиду *Palaeophycus tubularis* Hall 1847. Представители этого ихнорода рассматриваются как постройки жилищ организмов типа многощетинковых червей, являющихся предположительно пассивными плотоядными [Pemberton, Frey, 1982; Uchman, 1995].

Teichichnus Seilacher 1955 характерны для участков переслаивания алевритовых и глинистых пород. Они представлены норками-ходами с компонентой движения как по вертикали, так и по горизонтали, часто слабоизвилистыми, выполненными веществом вмещающих отложений. Внутреннее строение их обычно четко выраженное сегментарное, в общих чертах повторяющее слоистую текстуру вмещающих пород (см. фототабл. II, фиг. 2, 5, 8). Диаметр норок-ходов варьирует от 2 до 10 мм, видимая длина — от 2 до 16 см, в керне скважин в Широтном Приобье встречены очень крупные разновидности — до 30—40 мм в ширину и до 40—50 см в длину. Встречаются *Teichichnus* в отложениях среднего и глубокого шельфа, а также в опресненных фациях лагун и заливов. Оставляли их поедатели осадка, вероятно, черви или червеобразные беспозвоночные [Pemberton et al., 2002].

Schaubcylindrichnus Frey and Howard 1981 представлены обычно некрупными (1.5—3 мм, реже до 12 мм в диаметре) субгоризонтальными и наклонными изолированными туннелями, которые образуют колониальные группы в алевролитах различной зернистости и глинистости, реже глинистых алевропесчаниках. Характерна сильная футеровка стенок ходов (0.5—3 мм толщиной) алевритовым материалом. Центральная часть хода имеет глинистое выполнение (см. фототабл. II, фиг. 4, 7). Практически все *Schaubcylindrichnus*, встреченные нами в юрских отложениях, имеют уплощенную овальную форму, приобретенную в результате деформации при уплотнении осадка. По топонимической классификации относятся к *endichnia*. В вертикальных спилах керна отдельные трубки *Schaubcylindrichnus* по морфологии очень близки к *Palaeophycus heberti* de Saporta, но для последних не характерно образование колониальных групп. Подобные следы также часто относят к *Terebellina* Ulrich 1904, однако типовым материалом для выделения последнего послужили крупные агглютинированные фораминиферы, это название является младшим синонимом рода фораминифер *Bathysiphon* и не рекомендуется для обозначения их нотаксона [Frey, Howard, 1981]. Вероятнее всего, рассматриваемые следы оставляли фильтраторы, такие как кольчатые черви из подотрядов Sabellida или Terebellida [Löwemark, Hong, 2006].

Planolites Nicholson 1873 довольно часто отмечаются в участках переслаивания алевролитов и аргиллитов с волнистой и волнисто-линзовидной слоистостью. Это горизонтальные или очень пологонаклонные цилиндрические ходы, приуроченные к глинистым слойкам (см. фототабл. II, фиг. 1, 9). По топонимической классификации образуют формы гипо- и эпирельефа. На поверхностях напластования выглядят как узкие валики, прямые или изогнутые, в срезе, параллельном оси керна, их поперечные сечения округлой и овальной формы диаметром первые миллиметры, иногда до 1 см. Характерным является пассивное заполнение ходов материалом обычно более грубозернистого перекрывающего слоя. В большинстве случаев интерпретируются как следы питания (*fodinichnia*) в рыхлом субстрате подвижной инфауны, которая являлась поедателем осадка [Pemberton, Frey, 1982].

Taenidium Heer 1877 встречается редко, в настоящее время зафиксирована только в пачках переслаивания алеврито-глинистых пород нижневасюганской подсвиты на Южно-Карасевской площади. Изначально рассматривался нами как *Muensteria* Sternberg 1833, однако по результатам ревизии *Muensteria* была включена в ихнород *Taenidium* [Uchman, 1998; Monaco, Checconi, 2008]. Представлены прямыми субгоризонтальными и пологонаклонными протяженными цилиндрическими ходами диаметром до 5—7 мм, обычно без драпировки стенок, и характерным заполнением менискообразными сегментами (фототабл. III, фиг. 2). Интерпретация обстановок, в которых формировались эти следы, неоднозначна. С одной стороны, *Taenidium* находят в морских, достаточно глубоководных обстановках в ассоциации с *Thalassinoides*, *Zoophycos* и *Chondrites* [Bromley et al., 1999; и др.]. С другой стороны, их выделяют в прибрежных, пресноводных и наземных обстановках в тесной ассоциации с корнями растений и ризолитами [D'Alessandro et al., 1992; Gregory et al., 2004].

Chondrites von Sternberg 1833 приурочены к алевритоглинистым породам. Они представлены системой мелких цилиндрических ходов, которые разветвляются в глубь осадка под углом 30—60° и в нижней части этой системы могут становиться почти горизонтальными. Характерно, что ветви этой



Фототаблица I. Следы жизнедеятельности ихнофагии *Skolithos*.

Фиг. 1 — Западно-Ампутинская скв. № 33, гл. 3196.3 м, пахомовская пачка (пласт Ю₂⁰), *Skolithos*; фиг. 2 — Верхнечековская скв. № 1, гл. 2601.4 м, васюганская свита, межугольная пачка, *Skolithos*; фиг. 3 — скв. Тюменская СГ-6, гл. 3863.3 м, верхневасюганская подсвита, *Skolithos*; фиг. 4 — Кондаковская скв. № 34, гл. 2155.5 м, васюганская свита, надугольная пачка, *Skolithos*. Образец неравномерно нефтенасыщен. Видно влияние биотурбации на распределение нефтенасыщения. Фиг. 5 — Надеждинская скв. № 13, гл. 2309.3 м, васюганская свита, надугольная пачка, *Skolithos*; фиг. 6 — скв. Восток-1, гл. 2291.6 м, наунакская свита, *Skolithos*; фиг. 7 — Киев-Еганская скв. № 367, гл. 2735.5 м, наунакская свита, *Skolithos* (Sk), *Ophiomorpha* (Oph), остатки корневой системы растений (rz). Образец неравномерно нефтенасыщен. Видно влияние биотурбации на распределение нефтенасыщения. Фиг. 8 — Варьеганская скв. № 114, гл. 2537.1 м, верхневасюганская подсвита, *Ophiomorpha*, *Skolithos*; фиг. 9 — Рославльская скв. № 562, гл. 3140.7 м, васюганская свита, надугольная пачка, *Ophiomorpha*.

Длина линейки здесь и далее 3 см.

системы никогда не пересекаются между собой. В вертикальных срезах дают округлые и овальные сечения мелких размеров (от 0.2—2 до 1—3 мм). По размерам и по заполнению внутренней части ходов выделяются два типа (А и В, по А. Арчеру, К. Мэпслу [Archer, Maples, 1984]): первый — с заполнением более темным, органоглинистым, иногда сидеритизированным материалом, второй — более светлым и относительно грубозернистым материалом (см. фототабл. II, фиг. 3, 6). Оставлявшие эти следы животные достоверно неизвестны. Считается, что *Chondrites* являются следами подземного питания или зондирования глубоких слоев субстрата в поисках пищи, и тогда их могли оставлять различные черви и червеподобные животные (в т.ч. и *Nematodae*). Согласно другой версии, *Chondrites* относят к *chemichnia* (разновидность *agricchnia*) и предполагают, что их оставляли хемосимбиотичные организмы, которые существовали в осадках с низким содержанием кислорода и высокой концентрацией сероводорода или метана благодаря симбиозу с бактериями-хемосинтетиками [Seilacher, 1990; Fu, 1991; Bromley, 1996].

Phycosiphon Fischer-Ooster 1858 распространены в глинистых породах и представляют собой мелкие горизонтальные и пологонаклонные извилистые ходы с многочисленными короткими и тупиковыми U-образными ответвлениями, распространенными по всей длине хода и придающими ему форму оленьих рогов. Размеры *Phycosiphon* варьируют от менее 1 мм до 2—3 мм в поперечнике. Поперечные и косые срезы ходов обычно имеют неправильную форму, по краям заполнены более светлым по сравнению с вмещающим осадком глинистым материалом. Центральные части ходов, напротив, заполнены более темным веществом (см. фототабл. III, фиг. 1, 1а, 3). Такое строение ходов, вероятнее всего, объясняется перераспределением органического вещества в осадке в процессе питания оставлявших ходы червеобразных поедателей осадка. Считается, что эти ихнофоссилии являются индикатором обстановок с пониженным содержанием кислорода и свидетельствуют о значительном содержании органического вещества в субстрате [Ekdale, Mason, 1988; Uchman, 1995].

Деформативная биотурбация широко распространена в алевритоглинистых, иногда глинисто-песчаных породах. Под ней подразумевается интенсивная переработка осадка донными организмами часто с уничтожением до реликтов первичных седиментационных текстур и формирования комковатого либо мелкопятнистого облика пород. При этом выделить отдельные ихнофоссилии, а тем более их идентифицировать, зачастую практически невозможно (см. фототабл. III, фиг. 6, 7). Высокая степень переработки осадка биотурбацией, с одной стороны, может свидетельствовать о высокой плотности заселения животными и низких темпах седиментации в данной обстановке, с другой стороны, деформативные текстуры могут возникать в результате многократного наложения последующих генераций следов жизнедеятельности на предыдущие в пределах одного слоя.

Ризолиты (ризоиды) представляют собой остатки корневой системы растений в виде обычно некрупных (2—5, реже 15—20 см глубиной) субвертикальных слабоизвилистых образований, выполненных углефицированным растительным материалом. Ветвление наблюдается редко. Встречаются как в песчаных, так и в алевритоглинистых породах. Наиболее характерны для пойменных отложений в ассоциации с углями, реже и в меньших количествах присутствуют в других континентальных и прибрежно-морских фациях.

Описанные выше ихнофоссилии группируются в три ихнофагии: *Skolithos*, *Cruziana* и *Zoophycos* (табл. 2). В состав **ихнофагии *Skolithos*** входят следы жизнедеятельности,

Таблица 2. Диагностированные ихнофоссилии и ихнофагии васюганского горизонта Западно-Сибирского бассейна

Ихнофагии	Ихнофоссилии									
	<i>Diplocraterion</i>	<i>Ophiomorpha</i>	<i>Skolithos</i>	<i>Pataeophycus</i>	<i>Teichichnus</i>	<i>Schaub-cylindrichnus</i>	<i>Planolites</i>	<i>Taenidium</i>	<i>Chondrites</i>	<i>Phycosiphon</i>
<i>Skolithos</i>	+	+	+							
<i>Cruziana</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Zoophycos</i>							+	+	+	+



Фототаблица II. Следы жизнедеятельности ихнофагии *Cruziana*.

Фиг. 1 — Варьеганская скв. № 114, гл. 2530.7 м, верхневасюганская подсвита. Обозначение ихнофоссилий: Pl — *Planolites*, Sk — *Skolithos*, Pph — *Palaeophycus*. Фиг. 2 — Черногорская скв. № 8, гл. 2614.4 м, васюганская свита, *Teichichmus*; фиг. 3 — Варьеганская скв. № 114, гл. 2536.3 м, васюганская свита, *Chondrites* (тип B); фиг. 4 — Южно-Калиновая скв. № 8, гл. 2778.7 м, васюганская свита, *Schaubcylindrichmus* (Sch); фиг. 5 — Кондаковская скв. № 33, гл. 2171.7 м, подугольная пачка, *Teichichmus*; фиг. 6 — Южно-Калиновая скв. № 8, гл. 2775.3 м, васюганская свита, *Chondrites* (тип A); фиг. 7 — Ракитинская скв. № 11, гл. 2503.15 м, васюганская свита, надугольная пачка, *Schaubcylindrichmus* (Sch); фиг. 8 — Пустоваловская скв. № 1, гл. 2495.7 м, надугольная пачка *Teichichmus*; фиг. 9 — Южно-Александровская скв. № 6, гл. 2467.65 м, подугольная пачка, *Planolites*.

оставляемые преимущественно фильтраторами и пассивными плотоядными. Эти ихнофоссилии сохранились в алевритопесчаных породах, характеризующихся различными видами косой, косоволнистой, волнистой слоистости, свидетельствующими об относительно высокой волновой энергии или энергии потоков (приливно-отливная полоса, предфронтальная зона пляжа, бары, прибрежная зона озер и т.д.). В васюганском горизонте эта ихнофагия представлена тремя ихнофоссилиями: *Skolithos*, *Ophiomorpha* и *Diplocraterion*.

Ихнофоссилии ихнофагии *Cruziana* формируются в относительно тонкозернистых неконсолидированных осадках сублиторали и образуются преимущественно поедателями осадка. Седиментационные текстуры вмещающих отложений разнообразны: обычно это неравномерно переслаивающиеся аргиллиты и алевролиты с различной волнистой, волнисто-линзовидной, иногда горизонтальной слоистостью, участками нарушенной мелкими следами смятия, взмучивания, размыва. Гидродинамика обстановок седиментации — от умеренно активной в мелководных зонах сублиторали до спокойной в относительно глубоких зонах внешней части шельфа. В келловей-оксфордских отложениях эта ихнофагия представлена достаточно широким спектром следов жизнедеятельности: *Skolithos*, *Teichichmus*, *Chondrites*, *Palaeophycus*, *Schaubcylindrichmus*, *Planolites* и *Taenidium*.

Ихнофоссилии ихнофагии *Zoophycos* [Pemberton et al., 1992, 2002] формируются в глинистых неконсолидированных осадках тиховодного шельфа и представляют собой преимущественно структуры поверхностного питания (пастьбы), реже образуются поедателями осадка. В келловей-оксфордских отложениях Западной Сибири ихнофагия *Zoophycos* характерна для дистальных штормовых отложений, представленных тонким волнисто-линзовидным, часто градационным переслаиванием мелкозернистых алевролитов и аргиллитов (слои T_{de}, по Боуму). Наиболее типичными представителями этой ихнофагии являются *Phycosiphon* и *Chondrites*.

СЛЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАЗРЕЗАХ ВАСЮГАНСКОГО ГОРИЗОНТА

Залегающая в основании васюганского горизонта пахомовская пачка (пласт Ю₂⁰) обычно представлена биотурбированными плохосортированными глинистыми песчаноалевритовыми породами со значительным содержанием кальцита, сидерита, пирита и пр. Для нее характерны следы жизнедеятельности ихнофагии *Skolithos*, реже — *Cruziana*. В северных районах в пахомовской пачке преобладают *Teichichmus* и *Skolithos*, реже встречаются *Chondrites/Phycosiphon*, *Ophiomorpha* и деформативная биотурбация (рис. 4). В южном направлении увеличивается разнообразие ихнофоссилий: в Широтном Приобье встречены *Skolithos*, *Planolites*, *Teichichmus*, *Chondrites*, *Phycosiphon* и *Palaeophycus*; на территории Томской области отмечены *Teichichmus*, *Planolites*, *Skolithos*, *Palaeophycus*, *Chondrites*, *Phycosiphon*, *Schaubcylindrichmus* и *Taenidium* (рис. 5).

Примечательной чертой васюганского горизонта является присутствие над пластом Ю₂⁰ широко распространенной янской пачки, представленной массивными черными аргиллитами с пиритом, часто с фауной (аммониты, двустворки) и практически лишенной следов жизнедеятельности [Аухатов и др., 2005]. Отсутствие биотурбации, вероятно, связано с аноксидными условиями в придонных слоях воды или, в случае присутствия бентосной фауны, — с совпадением границы окислительных и восстановительных условий с поверхностью раздела сред осадок—вода. Мощность пачки изменяется от десятков сантиметров до 20—25 м, незакономерно возрастающая в северном направлении.

В вышележащих алевритоглинистых отложениях абалакской свиты очень широко развита деформативная биотурбация, приводящая к появлению комковатых текстур пород, что свидетельствует о стабильных условиях и относительно медленной скорости седиментации во время формирования осадков. Ихнофоссилии представлены *Phycosiphon*, *Chondrites*, реже — *Planolites* и *Teichichmus*. В алевритоглинистых породах нижневасюганской подсвиты Надым-Тазовского междуречья, так же как и в абалакской свите, весьма распространены деформативные текстуры, но наряду с *Phycosiphon/Chondrites* более широко распространены ихнофоссилии *Teichichmus*, роль которых в южном направлении постепенно возрастает. Также в южном направлении постепенно появляются *Planolites*, *Palaeophycus*, и



Фототаблица III. Ихнофоссилии ихнофаций *Cruziana* — *Zoophycos*, следы бегства и деформативная биотурбация.

Фиг. 1 — Варьганская скв. № 114, гл. 2521.7 м, васюганская свита, *Phycosiphon* (Ph); фиг. 2 — Южно-Карасевская скв. № 75, гл. 2805.5 м, нижневасюганская подсвита. Обозначение ихнофоссилий: T — *Taenidium*; Tch — *Teichichnus*. Фиг. 3 — Чапаевская скв. № 1, гл. 2307.5 м, нижневасюганская подсвита, *Chondrites* и *Phycosiphon*; фиг. 4 — Верхнечековская скв. № 1, гл. 2580.85 м, васюганская свита, межугольная пачка, следы бегства (*fugichnia*); фиг. 5 — Чапаевская скв. № 1, гл. 2285.5 м, васюганская свита, межугольная пачка, следы бегства (*fugichnia*); фиг. 6 — скв. Восток-3, гл. 2527.4 м, наунакская свита, деформативная биотурбация; фиг. 7 — Кондаковская скв. № 34, гл. 2150.95 м, васюганская свита, межугольная пачка, деформативная биотурбация.

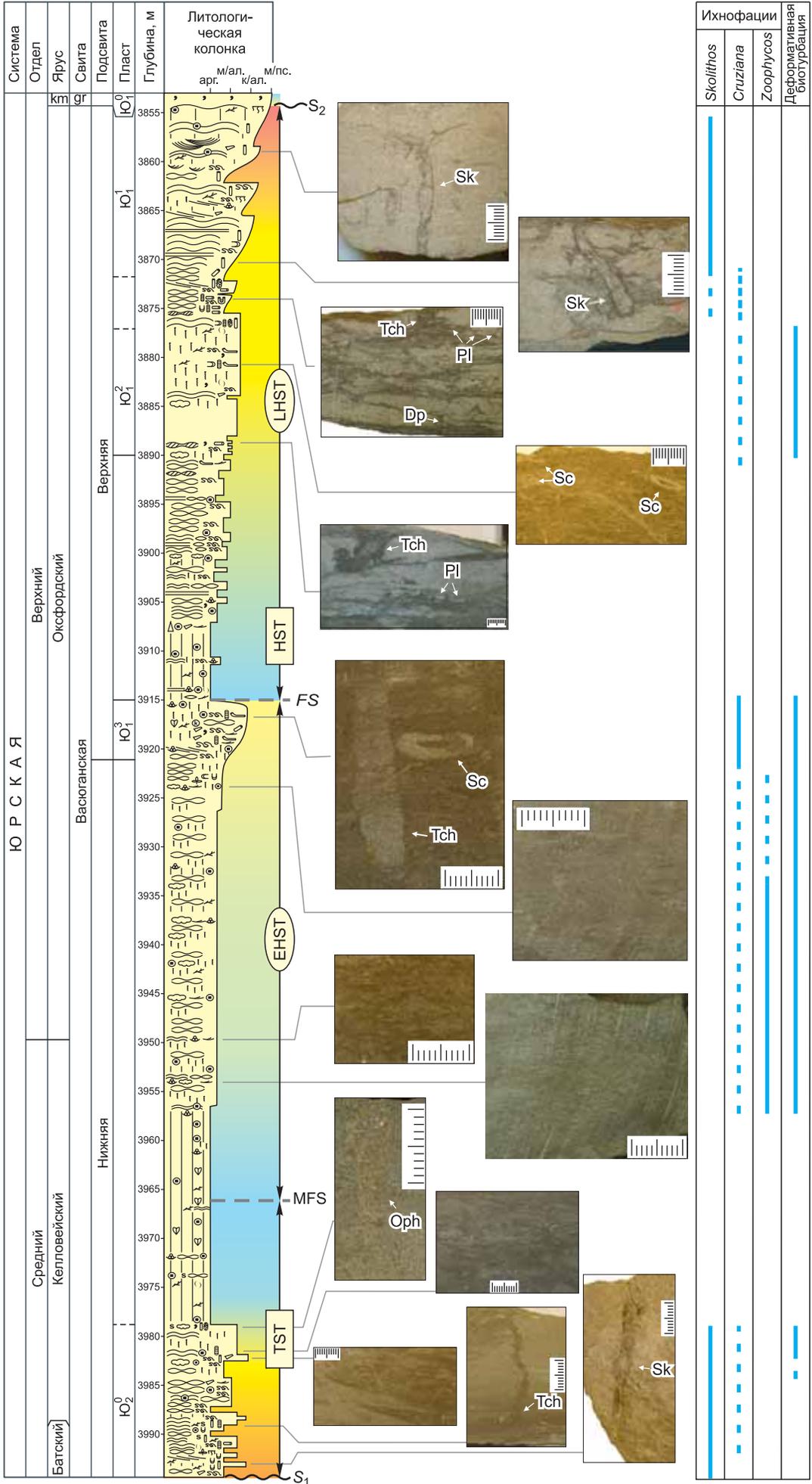
в единичных случаях, в переходных к наунакской свите разрезах, — *Skolithos* и *Diplocraterion*. При этом распространение деформативной биотурбации снижается.

Алевритопесчаные пласты верхневасюганской подсвиты в Надым-Тазовском междуречье содержат ихнофоссилии *Teichichnus*, *Skolithos*, *Schaubcylindrichnus*, *Palaeophycus*, *Chondrites/Phycosiphon*, а также отдельные прослои с деформативной биотурбацией. В пласте Ю³ следы ихнофации *Cruziana* преобладают над ихнофацией *Skolithos*, в пласте Ю² они распространены примерно в равной степени, в пласте Ю¹ абсолютно преобладают *Skolithos*. Глинистая пачка, разделяющая пласты Ю³ и Ю², характеризуется развитием следов только ихнофации *Cruziana* (*Chondrites/Phycosiphon*, *Schaubcylindrichnus*, *Teichichnus*). В пачке, разделяющей пласты Ю² и Ю¹, отмечены следы как ихнофации *Cruziana* (*Teichichnus*, *Planolites*), так и *Skolithos* (*Ophiomorpha*, *Diplocraterion*).

В подугольной и надугольной пачках верхневасюганской подсвиты Широкого Приобья и северо-западной части Томской области несколько преобладает ихнофация *Skolithos*, хотя в целом сохраняется сходная картина. Для аналогов межугольной пачки также характерно широкое распространение и высокое разнообразие следов жизнедеятельности. Здесь отмечены *Skolithos*, *Teichichnus*, *Planolites*, в редких случаях — *Chondrites/Phycosiphon*, *Schaubcylindrichnus*. Также достаточно часто встречается деформативная биотурбация. Для надугольных песчаников, помимо идентифицированных следов жизнедеятельности ихнофаций *Skolithos*, реже *Teichichnus*, характерно наличие текстур деформативной биотурбации, выраженной в мелкопятнистом, линзовидном распределении незначительной примеси глинистого, глинисто-органического материала (см. фототабл. III, фиг. 6). В целом для ихнофоссилий *Skolithos* и *Teichichnus* верхневасюганской подсвиты на этой территории по сравнению с более северными районами характерны заметно большие размеры.

В васюганской свите на юго-востоке бассейна в подугольной пачке, имеющей регрессивное строение, биотурбационные текстуры редки, что может быть связано с опресняющим влиянием речного стока в пределах дельтовых комплексов, высокими скоростями седиментации и повышенной гидродинамической активностью среды в пределах аккумулятивных форм прибрежных и мелководных зон бассейна. В межугольной пачке переходного от морского к континентальному генезиса встречаются мелкие вертикальные и горизонтальные следы жизнедеятельности и отдельные мелкие и крупные *fugichnia* (следы бегства), которые трудно поддаются идентификации (см. фототабл. III, фиг. 4, 5). Для вмещающих пород характерно наличие конкреций сидерита, пирита, многочисленных углефицированных и пиритизированных фрагментов стеблей и листьев, ризоидов, углистых прослоев. В надугольной пачке отмечено большое количество морской фауны, глауконит, пирит, уровни интенсивной карбонатизации. Очень характерны многочисленные ихнофоссилии *Skolithos*, в редких случаях встречены *Teichichnus*.

Наунакская свита была изначально выделена в стратиграфическом объеме васюганского горизонта как существенно континентальный аналог васюганской свиты. Многие вопросы, касающиеся границы и особенностей перехода васюганской свиты в наунакскую, до сих пор остаются открытыми. Это вызвано в первую очередь тем, что наунакская свита имеет значительную латеральную изменчивость. Ее состав изменяется от существенно глинистого до существенно песчаного. В строении свиты значительную роль играют не только угленосные континентальные, но также переходные и морские отложения, характер распространения которых в значительной степени зависит от локальных факторов, таких как характер палеорельефа, местные источники сноса и др. Степень развития биотурбационных текстур в наунакской свите существенно снижается и изменяется характер ее проявления. Очень широко распространены ризоиды, которые ассоциируют с прослоями углистых пород и углей. В песчаноалевритовых телах флювиального и озерного генезиса встречаются редкие ихнофоссилии *Skolithos* и *Ophiomorpha*. В алевритоглинистых озерных и прибрежно-континентальных отложениях встречены единичные *Teichichnus*. В отдельных случаях развития морских песчаных отложений, чаще всего в верхней части свиты, биотурбация может быть достаточно интенсивной, присутствуют *Skolithos*, *Ophiomorpha*, *Teichichnus*, *Palaeophycus*, *Planolites* и др. В участках переслаивания алевритовых и



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31

Рис. 4. Строение васюганского сиквенса, вскрытого Тюменской СГ-6, и распространение в нем ихнофоссилий [Ян, 2003а,б].

1 — глинистые интракласты, 2 — конкреции пирита, 3 — глауконит, 4 — сидерит, 5 — углефицированный растительный детрит, 6 — отпечатки флоры, 7 — двустворки, 8 — фораминиферы, 9 — раковинчатый детрит, 10 — массивная текстура, 11 — горизонтальная слоистость, 12 — косая слоистость, 13 — пологая косая слоистость, 14 — троговая косая слоистость, 15 — волнистая слоистость, 16 — волнисто-линзовидная слоистость, 17 — линзовидная слоистость, 18 — градационная слоистость, 19 — конседиментационные деформации, 20 — комковатая текстура, 21 — деформативные биотурбационные текстуры, 22 — ризоиды, 23 — неидентифицированные ихнофоссилии: вертикальные (а)/горизонтальные (б), 24 — *Diplocraterion* (Dp), 25 — *Ophiomorpha* (Oph), 26 — *Skolithos* (Sk), 27 — *Palaeophycus*, 28 — *Teichichnus* (Tch), 29 — *Planolites* (Pl), 30 — *Schaubcylindrichnus* (Sc), 31 — *Chondrites/Phycosiphon*. Обозначения к литологической колонке: арг. — аргиллит, м/ал. — мелкозернистый алевролит, к/ал. — крупнозернистый алевролит, м/пс. — мелкозернистый песчаник, km — кимериджский ярус, gr — георгиевская свита.

глинистых пород встречены мелкие и крупные следы бегства (*fugichnia*) и уровни с мелкой биотурбацией, в том числе и деформативной, которые более точно идентифицировать пока не удалось.

В северо-восточном и восточном направлениях, по мере перехода к точинской и сиговской свитам, наблюдается увеличение мощности келловей-оксфордских отложений. При этом количество ихнофоссилий и их видовой состав существенно сокращаются, что связано с повышенными скоростями седиментации. В имеющемся у нас материале были выявлены лишь единичные биотурбированные уровни, которые приурочены преимущественно к алевроитовым и алевроглинистым пачкам, разделяющим песчаные пласты группы СГ₅₋₇. Зафиксированы *Teichichnus*, *Planolites* и *Chondrites*. Встречаются ризоиды. В песчаных пластах отмечены редкие отдельные *Skolithos* и единичные *Palaeophycus*.

СВЯЗЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИХНОФОССИЛИЙ С ЦИКЛИЧНОСТЬЮ КЕЛЛОВЕЙ-ОКСФОРДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

Васюганский стратиграфический горизонт является отражением полного и законченного цикла развития Западно-Сибирского осадочного бассейна в келловей-оксфордское время. В общем виде это отметил еще В.П. Казаринов [1958]. В последующем циклическостью васюганского горизонта занимались М.В. Корж, С.Г. Саркисян, С.И. Филина [1977], Ю.Н. Карогодин и Е.А. Гайдебурова [1985], А.А. Нежданов, В.В. Огибенин, М.И. Куренко, С.В. Сапожникова, Е.Б. Топычанова [1990] и многие другие. Васюганский цикл начался с резкой обширной трансгрессии, ознаменовавшейся формированием пахомовской и янской пачек нижневасюганского подгоризонта. Последовавшие затем миграционные регрессии [Бейзель и др., 2007], выразившиеся в образовании песчаноалевроитовых пачек и пластов, также в целом несут циклический характер более низкого порядка (см. рис. 5, 6).

Распределение ихнофоссилий по разрезам васюганского горизонта в целом согласуется с общими представлениями о колебаниях относительного уровня моря в келловей-оксфордское время и о латеральном распределении палеообстановок седиментации. В наиболее полных разрезах васюганской свиты Надым-Тазовского междуречья отчетливо видно циклическое строение свиты, характеризующееся наличием нескольких литофациальных ассоциаций с отчетливым проградационным или агградационно-проградационным строением [Ян, 2003а]. Их внутренняя структура отражается в том числе и в изменении состава ихнологических сообществ [Ян, 2003б]. В основании циклов лежат черные пиритизированные массивные аргиллиты, лишенные ихнофоссилий, связанные с максимумами трансгрессий или в терминах сиквенс-стратиграфии — поверхностями затопления. Выше, по мере поглубления состава, появляется мелкая деформативная биотурбация, наряду с которой сначала начинают проявляться *Phycosiphon* и *Chondrites*, а затем и другие ихнофоссилии ихнофаций *Zoophycos* и *Cruziana*. Еще выше появляются отдельные следы ихнофации *Skolithos*, представленные *Ophiomorpha*, *Diplocraterion* и *Skolithos*. В прикровельной части циклов преобладают ихнофоссилии *Skolithos* и/или залегают песчаники, лишенные следов жизнедеятельности. В более южных и восточных районах, по-видимому, разрез также состоит из подобных циклов, но с редуцированными нижними элементами и более мощными — верхними. Под эту закономерность не всегда попадает межугольная пачка, имеющая преимущественно переходный к континентальному и континентальный генезис. Абалакская свита также построена из подобных циклов, но здесь из разреза выпадают их верхние части: проградационно-агградационные последовательности ограничиваются алевроглинистыми пачками с мелкой деформативной биотурбацией и развитием ихнофоссилий *Phycosiphon* и *Chondrites*, реже — *Planolites*, *Schaubcylindrichnus* и *Teichichnus*.

Циклическость наунакской свиты изучена существенно хуже, поскольку ее строение сильно зависит от палеогипсометрического положения разреза и часто осложняется присутствием морских прослоев. В наиболее песчаных разрезах присутствуют отчетливые аллювиальные циклы с уменьшением зернистос-

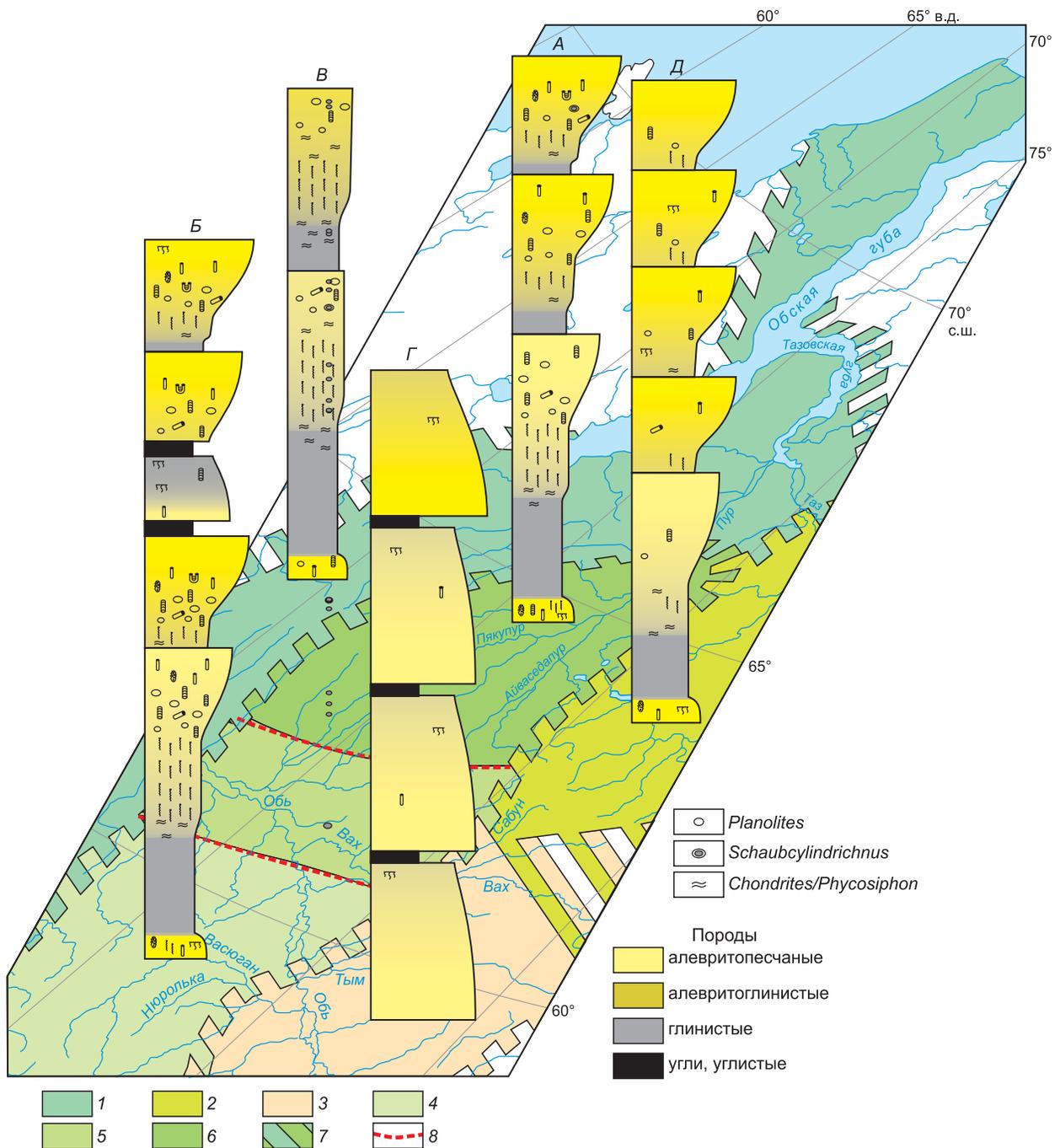


Рис. 5. Распределение икнофоссилий в различных типах разреза келловей-оксфордских отложений Западно-Сибирского бассейна.

A — васюганская свита Верхнепурского фациального подрайона; *B* — васюганская свита Обь-Тарского и Обь-Аганского подрайонов; *B* — абалакская свита; *Г* — научакская свита; *Д* — точинская и сиговская свиты. Зоны распространения: 1 — абалакской свиты, 2 — точинской и сиговской свит, 3 — научакской свиты, 4 — татарской свиты. 5—7 — зона распространения васюганской свиты: 5 — Обь-Тарский подрайон; 6 — Обь-Аганский подрайон; 7 — Верхнепурский подрайон; 8 — переходные зоны; 9 — границы подрайонов. Остальные усл. обозн. к литологической колонке см. на рис. 4.

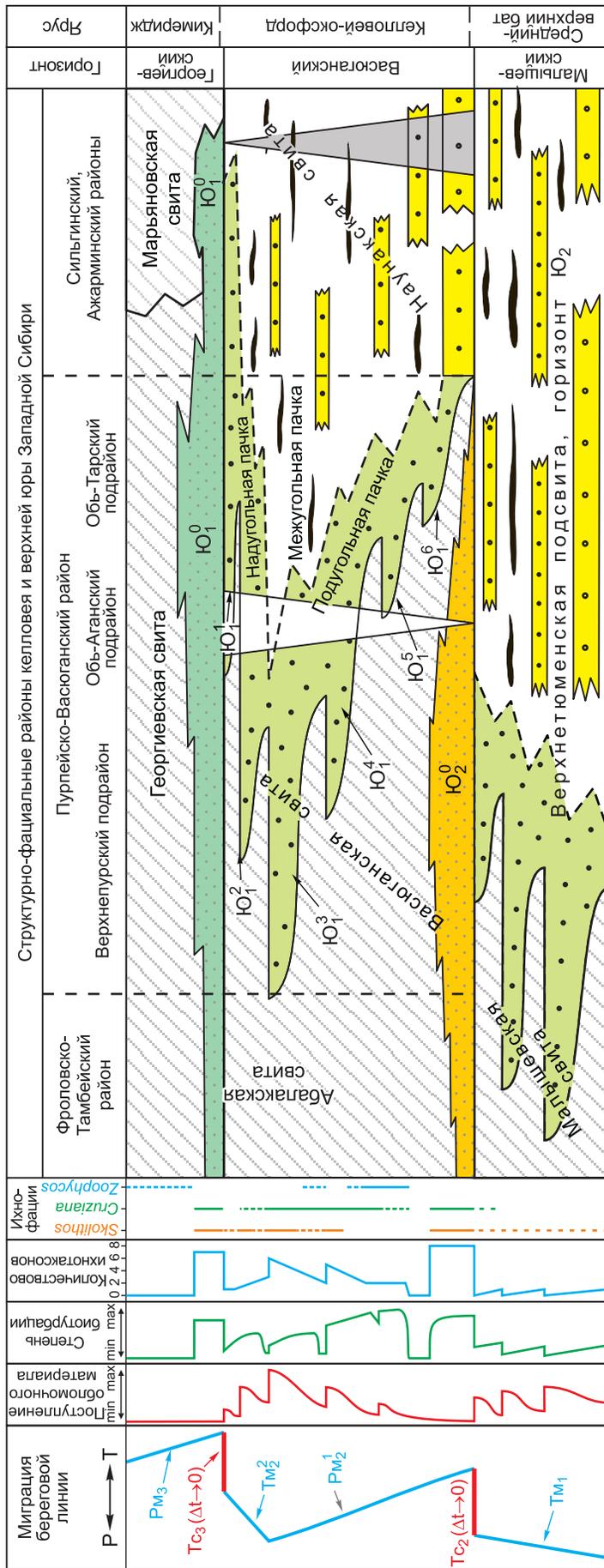


Рис. 6. Схема строения бат-верхнеюрских отложений Западной Сибири и модель миграции береговой линии в бат-позднеюрском седиментационном бассейне с позиций тектоноседиментационной модели [Бейзель и др., 2007].

Степень биотурбации, количество ихнотаксонов и распределение ихнофаши даны для Пурейско-Васюганского района. 1 — морские глинистые отложения, 2 — паховая свита барабинская пачка, 3 — морские алевропесчаные отложения, 4 — континентальные алевроглинистые и алевропесчаные отложения, 5 — угли, 6 — прогрессивный (а) и регрессивный (б) осадочные циклы. Миграция береговой линии: 7 — миграционные регрессии—трансгрессии, 8 — событийные трансгрессии, Т — трансгрессия, Р — регрессия, Т₁ — позднеюрская миграционная трансгрессия, Р₁ — ранневасюганская миграционная трансгрессия, Т₂ — поздневасюганская миграционная трансгрессия, Р₂ — георгиевская событийная трансгрессия, Т₃ и Р₃ — келловейская и кимериджская событийные трансгрессии.

ти вверх, вплоть до перехода в пойменные глинистые и углистые отложения. В алевритопесчаных частях этих циклов присутствуют редкие ихнофоссилии ихнофаии *Skolithos*, для алевритоглинистых частей характерны ризоиды и мелкая биотурбация. При повышении палеогипсометрического положения в разрезах уменьшается доля русловых фаций и увеличивается доля пойменных глинистых отложений, часто с обильными ризоидами, отдельными следами бегства (*fugichnia*) и углями. Напротив, при понижении палеогипсометрии в разрезах могут появляться проградационные циклы, представленные дельтовыми и прибрежно-морскими отложениями с большим ихнофаціальным разнообразием. Из-за значительной дифференцированности палеорельефа выделить закономерности в латеральном изменении в строении наунакской свиты возможно лишь в пределах отдельных тектонических структур первого — второго порядков.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Васюганский стратиграфический горизонт является вещественным выражением эволюционного цикла развития Западно-Сибирского седиментационного бассейна, характеризуется внутренним циклическим строением и ограничен снизу и сверху двумя изохронными событийными уровнями. Относительно причин возникновения этих уровней, выраженных в разрезе в виде пахомовской и барабинской пачек, существует две основные точки зрения. Большинство исследователей считают, что трансгрессии имеют эвстатическую природу. Другая точка зрения связывает возникновение событийных объектов с региональными тектоническими движениями. Последние рассматриваются в рамках концепции географического цикла, состоящего из тектонически обусловленной фазы омоложения рельефа и последующего выравнивания под действием экзогенных процессов [Бейзель, 2009, 2010].

Так или иначе, произошедшее событие сильно повлияло на распространение и условия существования биоты в бассейне, в том числе и бентосной, что немедленно сказалось на характере биотурбационной переработки осадка. Если в подстилающих морских отложениях малышевской свиты и верхов верхнетюменской подсвиты индекс биотурбации обычно не превышает трех, то в пахомовской пачке биотурбация с индексом 4 и 5 является обычной (см. рис. 6). В южных районах Западной Сибири, где пласт Ю₂⁰ залегает на континентальных отложениях, картина становится еще более контрастной. Формирование вышезалегающих агградационно-проградационных и проградационных циклов в области морского седиментогенеза в первую очередь связано с эпизодами постепенного увеличения объема поставляемого в бассейн осадочного материала. При этом условия изменялись от затишных аноксидных с низкими скоростями осадконакопления в начале формирования цикла до гидродинамически активных с умеренными и быстрыми темпами накопления алевритопесчаного материала. Латеральные изменения в составе циклов определяются удаленностью от источников сноса. Циклические изменения в режиме седиментации немедленно сказывались на характере распространения и поведении бентосной фауны и находили соответствующее отражение в изменении состава ихнофаціальных сообществ.

Таким образом, описанные выше латеральные и вертикальные изменения в распределении ихнофоссилий четко согласуются с региональными закономерностями строения васюганского горизонта и связаны с циклическими перестройками седиментационных систем в келловей-оксфордское время. Выявленные региональные закономерности не учитывают влияния локальных факторов, таких как местные источники сноса, особенности палеорельефа и др., которые в каждом конкретном случае должны рассматриваться отдельно.

Дальнейшее систематическое ихнофаціальное изучение мезозойских отложений Западной Сибири в комплексе с биостратиграфическими и седиментологическими исследованиями, вероятно, позволит решить ряд фундаментальных вопросов, касающихся эволюции осадочных бассейнов с терригенной седиментацией, развития систем поведения бентосных организмов во времени, выявления связи эволюции биоты с абиотическими факторами и др. В свете полученных данных, представляется целесообразным рассмотреть возможности ихнофаціального анализа для решения задач детальной корреляции нефтегазоносных отложений. Кроме того, в последние годы появились данные о значительном влиянии биотурбации на фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов за счет перераспределения глинистого вещества, изменения сортировки обломочного материала, внедрения алевритопесчаного материала в глинистые прослои и влияния на ход постседиментационной карбонатизации в песчаных отложениях [Pemberton, Gingras, 2005; Pemberton et al., 2008; Tonkin et al., 2010; Соловьева, Шарданова, 2010]. В свете того, что келловей-оксфордские отложения содержат регионально нефтегазоносный горизонт Ю₁, их ихнофаціальные реконструкции имеют не только научное, но также и практическое значение.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (проект № 04-05-64388) и ИШ-6244.2010.5.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев А.С., Дмитриев В.Ю., Пономаренко А.Г. Эволюция таксономического разнообразия. М., ГЕОС, 2001, 126 с.

Аухатов Я.Г., Бурлева О.В., Вакуленко Л.Г., Николенко О.Д., Шурыгин Б.Н., Ян П.А. Выделение янской пачки в васюганском горизонте Западно-Сибирского осадочного бассейна // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. М., ГИН РАН, 2005, с. 5—7.

Бейзель А.Л. Аналогии континентальных поверхностей выравнивания в морских разрезах (на примере юры Западной Сибири) // Литосфера, 2009, № 1, с. 103—108.

Бейзель А.Л. Модель формирования нефтегазового резервуара на основе концепции географического цикла // Изв. Томского политехнического университета, 2010, т. 316, № 1, с. 52—57.

Бейзель А.Л., Ян П.А., Вакуленко Л.Г., Бурлева О.В. Основные черты импульсной модели формирования васюганского горизонта Западной Сибири // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург, Изд-во Уральского гос. горного ун-та, 2007, вып. I (17), с. 93—104.

Вакуленко Л.Г., Ян П.А. Юрские ихнофашии Западно-Сибирской плиты и их значение для реконструкции обстановок осадконакопления // Новости палеонтологии и стратиграфии. Вып. 4: Приложение к журналу «Геология и геофизика», т. 42, 2001, с. 83—93.

Казаринов В.П. Мезозойские и кайнозойские отложения Западной Сибири. М., Гостоптехиздат, 1958, 324 с.

Карогодин Ю.Н., Гайдебурова Е.А. Системные исследования слоевых ассоциаций нефтегазоносных бассейнов (по комплексу промыслово-геофизических данных). Новосибирск, Наука, 1985, 112 с.

Конторович В.А., Беляев С.Ю., Конторович А.Э., Красавчиков В.О., Конторович А.А., Супруненко О.И. Тектоническое строение и история развития Западно-Сибирской геосинеклизы в мезозое и кайнозое // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (11—12), с. 1832—1845.

Корж М.В., Саркисян С.Г., Филина С.И. Периодичность в развитии юрского седиментационного бассейна Западной Сибири // Цикличность отложений нефтегазоносных и угольных бассейнов. М., Наука, 1977, с. 163—170.

Микулаш Р., Дронов А. Палеоихнология — введение в изучение ископаемых следов жизнедеятельности. Прага, Геологический институт АН Чешской Республики, 2006, 122 с.

Нежданов А.А., Огибенин В.В., Куренко М.И., Сапожникова С.В., Топычанова Е.Б. Региональная литостратиграфическая схема мезозоя и кайнозоя Западной Сибири и основные закономерности размещения неантиклинальных ловушек углеводородов // Литмологические закономерности размещения резервуаров и залежей углеводородов. Новосибирск, Наука, 1990, с. 80—108.

Рейнек Г.-Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления (с рассмотрением терригенных кластических осадков). Пер. с англ. М., Недра, 1981, 439 с.

Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири. Новосибирск, 2003 г. Новосибирск, СНИИГГиМС, 2004, 114 с.

Соловьева Н.А., Шарданова Т.А. Генетическая природа кальцитового цемента песчаников // Актуальные вопросы литологии. Материалы 8-го Уральского литологического совещания. Екатеринбург, 2010, с. 294—295.

Ян П.А. Седиментационная и сиквенс-стратиграфическая модель васюганской свиты Верхнепурского фациального подрайона (по материалам Тюменской СГ-6) // Геология и геофизика, 2003а, т. 44 (8), с. 796—808.

Ян П.А. Ихнофашии в разрезе васюганского сиквенса (по материалам Тюменской СГ-6) // Литосфера, 2003б, № 1, с. 54—63.

Ян П.А., Вакуленко Л.Г., Бурлева О.В., Аксенова Т.П., Микуленко И.К. Литология келловей-оксфордских отложений в различных фациальных районах Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (11—12), с. 1897—1907.

Alpert S.P. Systematic review of the genus *Skolithos* // J. Paleontol., 1974, v. 48, № 4, p. 661—669.

Archer A.W., Maples C.G. Trace-fossil distribution across a marine-to-nonmarine gradient in the Pennsylvanian of southwestern Indiana // J. Paleontol., 1984, v. 58, № 2, p. 448—466.

Bown T.M. Ichnofossils and rhyzoliths of the nearshore fluvial Jebel Gatrani Formation (Oligocene), Fayum Province, Egypt // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 1982, v. 40 (4), p. 255—309.

Bromley R.G. Trace fossils. Biology, taphonomy and applications. London, Chapman and Hall, 1996, 361 p.

Bromley R.G., Ekdale A.A., Richter B. New *Taenidium* (trace fossil) in the Upper Cretaceous chalk of northwestern Europe // Bull. Geol. Soc. Denmark, 1999, v. 46, p. 47—51.

- Chamberlain C.K.** Morphology and ethology of trace fossils from the Ouachita Mountains, southeast Oklahoma // *J. Paleontol.*, 1971, v. 45, p. 212—246.
- D'Alessandro A., Loiacono F., Bromley R.G.** Marine and nonmarine trace fossils and plant roots in a regressional setting (Pleistocene, Italy) // *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 1992, № 98, p. 495—522.
- Donovan S.K.** (ed.) *The palaeobiology of trace fossils*. Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 1994, 308 p.
- Ekdale A.A.** Paleoeology of the marine endobenthos // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 1985, v. 50, p. 63—81.
- Ekdale A.A., Mason T.R.** Characteristic trace-fossil association in oxygen-poor sedimentary environments // *Geology*, 1988, v. 16, p. 720—723.
- Ekdale A.A., Bromley R.G., Pemberton S.G.** *Ichnology: trace fossils in sedimentology and stratigraphy*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Short Course, № 15, 1984, 317 p.
- Frey R.W., Howard J.D.** *Conichnus* and *Schaubcylindrichnus*: redefined trace fossils from the Upper Cretaceous of the Western Interior // *J. Paleontol.*, 1981, v. 55, p. 800—804.
- Frey R.W., Pemberton S.G.** The *Psilonichnus* ichnocoenose and its relationship to adjacent marine and nonmarine ichnocoenoses along the Georgia coast // *Bull. Canad. Petrol. Geol.*, 1987, v. 5, p. 333—357.
- Frey R.W., Howard J.D., Pryor W.A.** *Ophiomorpha*: its morphologic, taxonomic, and environmental significance // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 1978, v. 23, p. 199—229.
- Frey R.W., Pemberton S.G., Saunders T.D.** *Ichnofacies and bathymetry: a passive relationship* // *J. Paleontol.*, 1990, v. 64, p. 155—158.
- Fu S.** Funktion, Verhalten und Einteilung fucoider und lophocteniider Lebensspuren. Courier Forschungs-Institut Senckenberg, 1991, v. 135, p. 1—79.
- Gregory M.R., Martin A.J., Campbell K.A.** Compound trace fossils formed by plant and animal interactions: Quaternary of northern New Zealand and Sapelo Island, Georgia (USA) // *Fossils and Strata*, 2004, № 51, p. 88—105.
- Löwemark L., Hong E.** *Schaubcylindrichnus formosus* isp. nov. in Miocene sandstones from Northeastern Taiwan // *Ichnos*, 2006, № 13, p. 267—276.
- MacEachern J.A., Pemberton S.G., Gingras M.K., Bann K.L.** The ichnofacies paradigm: a fifty-year retrospective // *Trace fossils. Concepts, problems, prospects* / ed. W. Miller. Humboldt State University, Arcata, CA, USA, 2007, p. 52—77.
- Martinsson A.** Toponomy of trace fossils // *Trace fossils. Geological Journal, Special Issue*, 1970, p. 323—330.
- Monaco P., Checconi A.** Stratigraphic indications by trace fossils in Eocene to Miocene turbidites and hemipelagites of the Northern Apennines (Italy) // *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Geol., Museo Tridentino di Scienze Naturali*, Trento, 2008, v. 83, p. 133—163.
- Pemberton S.G., Frey R.** Trace fossil nomenclature and the *Planolites*-*Palaeophycus* dilemma // *J. Paleontol.*, 1982, v. 56, p. 843—881.
- Pemberton S.G., Gingras M.K.** Classification and characterizations of biogenically enhanced permeability // *Amer. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 2005, № 89, p. 1493—1517.
- Pemberton S.G., MacEachern J.A., Frey R.W.** Trace fossil facies models: environmental and allostratigraphic significance // *Facies models: response to sea level change*. St. John's, Newfoundland, 1992, p. 47—72.
- Pemberton S.G., MacEachern J.A., Gingras M.K., Saunders T.D.A.** Biogenic chaos: cryptobioturbation and the work of sedimentologically friendly organisms // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 2001, № 270, p. 273—279.
- Pemberton S.G., Spila M.V., Pulham A.J., Saunders T., MacEachern J.A., Robbins D., Sinclair I.** *Ichnology and sedimentology of shallow and marginal marine systems: Ben Nevis and Avalon Reservoirs, Jeanne D'Arc Basin*. St. Johns, Newfoundland, Geological Association of Canada, Short Course Notes 15, 2002, 353 p.
- Schlirf M.** Palaeoecologic significance of Late Jurassic trace fossils from the Boulonnais, N France // *Acta Geologica Polonica*, 2003, № 53, p. 123—142.
- Schlirf M., Uchman A.** Revision of the ichnogenus *Sabellarifex* Richter, 1921 and its relationship to *Skolithos* Haldeman, 1840 and *Polykladichnus* Fürsich, 1981 // *J. System. Palaeontol.*, 2005, v. 3 (2), p. 115—131.
- Seilacher A.** Die fossilen Ruhespuren (Cubichina). Studien zur Palichnologie. II // *Neues Jahrb. für Geol. und Paläontol.*, 1953, abh. bd 98, hft 1, p. 87—124.

Seilacher A. Paleontological studies on turbidite sedimentation and erosion // J. Geol., 1962, p. 227—234.

Seilacher A. Sedimentological classification and nomenclature of trace fossils // Sedimentol., 1964, v. 3, p. 253—256.

Seilacher A. Aberrations in bivalve evolution related to photo- and chemosymbiosis. Historical Biology, 1990, v. 3, p. 289—311.

Tonkin N., Mellroy D., Meyer R., Moore-Turpin A. Bioturbation influence on reservoir quality: a case study from the Cretaceous Ben Nevis Formation, Jeanne d'Arc Basin, offshore Newfoundland, Canada / AAPG Bull., 2010, v. 94, № 7, p. 1059—1078.

Uchman A. Taxonomy and palaeoecology of flysch trace fossils: the Marnoso-arenacea Formation and associated facies (Miocene, Northern Apennines, Italy) // Beringeria, 1995, v. 15, 83 p.

Uchman A. Taxonomy and ethology of flysch trace fossils: revision of the Marian Książkiewicz collection and studies of complementary material // Ann. Soc. Geol. Polon., 1998, v. 68, p. 105—218.

*Поступила в редакцию
23 ноября 2010 г.*