

РАЗРЕЗ КЕМБРИЯ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ГЕОСИНЕКЛИЗЫ (по результатам бурения параметрической скважины Восток-4)

**А.Э. Конторович, В.А. Конторович, И.В. Коровников, С.В. Сараев, Н.В. Сенников,
Ю.Ф. Филиппов, А.И. Варламов*, А.С. Ефимов**, Ю.А. Филипцов***, А.А. Постников,
А.А. Терлеев, Г.А. Карлова, К.Е. Наговицин, Д.А. Токарев, Т.П. Батурина, И.А. Губин,
Б.Б. Кочнев, Н.В. Новожилова, В.А. Лучинина**

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

** Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт,
105118, Москва, шоссе Энтузиастов, 36, Россия*

*** Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья,
630091, Новосибирск, Красный проспект, 67, Россия*

**** Управление по недропользованию по Красноярскому краю,
660049, Красноярск, ул. Карла Маркса, 62, Россия*

Описан новый тип разреза кембрийских отложений, вскрытый параметрической скв. Восток-4 в юго-восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы (Красноярский край). Разрез охарактеризован палеонтологически и может рассматриваться в качестве опорного для востока ЗСГ. Он представлен всеми тремя отделами кембрийской системы и по комплексу геолого-геофизических характеристик в интервале глубин 2262—5105 м разрез расчленен на оксымскую, тыйскую, аверинскую, кольчумскую и эвенкийскую свиты. Оксымская (возрастной аналог усольской свиты) и кольчумская свиты выделены и описываются впервые. Разрез представлен преимущественно карбонатными, глинисто-карбонатными, сульфатно-карбонатными и терригенными отложениями, формировавшимися в условиях зарифовой части Предъенисейского солеродного бассейна.

Параметрическая скважина, кембрий, Западно-Сибирская геосинеклиза, Предъенисейский осадочный бассейн.

CAMBRIAN SECTION IN THE EAST OF THE WEST SIBERIAN GEOSYNECLISE (based on data from Vostok 4 well)

**A.E. Kontorovich, V.A. Kontorovich, I.V. Korovnikov, S.V. Saraev, N.V. Sennikov, Yu.F. Filippov,
A.I. Varlamov, A.S. Efimov, Yu.A. Filiptsov, A.A. Postnikov, A.A. Terleev, G.A. Karlova, K.E. Nagovitsin,
D.A. Tokarev, T.P. Baturina, I.A. Gubin, B.B. Kochnev, N.V. Novozhilova, and V.A. Luchinina**

The study presents a description of a new type of Cambrian section penetrated in Vostok 4 well in the southeastern part of the West Siberian geosyncline (Krasnoyarsk Territory). The drilled succession is well characterized by the fossil evidence and can be considered a key section for the east of the WSG. The section comprises all three divisions of the Cambrian and is subdivided into the Oksym, Tyua, Averin, Kolchum, and Evenki Formations, based on the composite log data for an interval of 2262–5105 m. The Oksym Formation (the age equivalent of the Usol'e Formation) and Kolchum Formation are first identified and described in this study. The section is mostly carbonate, argillaceous-carbonate, sulfate-carbonate, and terrigenous sediments deposited in a back-reef setting of the Yenisei salt-bearing basin.

Stratigraphic test well, Cambrian, West Siberian geosyncline, Yenisei sedimentary basin

ВВЕДЕНИЕ

Первые палеонтологические свидетельства присутствия кембрийских отложений в комплексе осадочного на востоке Западно-Сибирской геосинеклизы (ЗСГ) были получены при изучении керна Елогуйской опорной скважины [Драгунов и др., 1967; Булыникова и др., 1973]. Позднее, в связи с бурением на левом берегу р. Енисей нескольких глубоких скважин (Тыйская-1, Вездеходная-4, Лемок-1, Аверинская-150) и проведением большого объема сейсмических работ, были получены новые данные [Дашкевич, Каштанов, 1990; Каштанов и др., 1995; Кринин, 1998; Евграфов и др., 1998; Конторович и др., 1999; Елкин и др., 2000, 2001; Филиппов, 2001; Сараев и др., 2004; Конторович и др., 2008а,б], поз-

волившие значительно уточнить стратиграфию домезозойских отложений, реконструировать условия осадконакопления, геодинамические обстановки и палеогеографию бассейна и выделить новый Преденейский осадочный бассейн и одноименную перспективную нефтегазоносную субпровинцию [Конторович и др., 2003, 2006; Конторович, Конторович, 2006].

В юго-восточной части ЗСГ к настоящему времени выполнено порядка 20 тыс. км сейсмических профилей МОГТ, комплексная интерпретация которых была осуществлена в ИНГГ СО РАН (г. Новосибирск). Анализ сейсмических материалов показал, что в регионе под мезозойским осадочным чехлом развита мощная толща верхнепротерозойско-кембрийских субплатформенных отложений, полный разрез которых включает три основных сейсмогеологических комплекса, контролируемых регионально выдержанными отражающими горизонтами. По аналогии с разрезами Сибирской платформы и полученным палеонтологическим данным они датируются рифей-вендским, раннекембрийским и среднепозднекембрийским возрастом, причем нижнекембрийский комплекс претерпевает фациальные изменения (от соленосно-карбонатных фаций на востоке до карбонатных и глинисто-карбонатных на западе) и значительно редуцируется по мощности с востока на запад (рис. 1, 2).

Для изучения нового осадочного бассейна и оценки перспектив его нефтегазоносности по заданию МПР России в ИНГГ СО РАН при содействии СНИИГГиМСа (г. Новосибирск) и территориальных органов по недропользованию под руководством академика А.Э. Конторовича в 2002—2006 гг. была разработана программа региональных геолого-геофизических исследований в восточных районах ЗСГ. Программа предусматривала проведение сейсмических работ и бурение параметрических скважин. Скважины запроектированы в принципиально разных палеофациальных условиях и в совокупности должны были охарактеризовать полный разрез рифей-кембрийских платформенных отложений. Две первые скважины (Восток-1 и Восток-3) были пробурены ранее в Томской области [Конторович и др., 2008а,б], третья заложена в левобережной части Красноярского края с целью вскрытия и изучения кембрийского разреза в предполагаемой переходной фациальной зоне от солеродного бассейна к барьерным рифовым фациям (см. рис. 1).

ОПИСАНИЕ РАЗРЕЗА

Параметрическая скв. Восток-4, пробуренная в 2008 г. на восточном борту Северо-Кетской структуры, в левобережье Енисея у западной границы Красноярского края, вскрыла практически полный разрез кембрия. Снизу вверх здесь выделены оксымская, тыйская, аверинская, кольчумская и эвенкийская свиты (рис. 3).

Оксымская свита выделена впервые в интервале 5105—4570 м, названа по ручью Оксым, правому притоку р. Сым. Она является возрастным аналогом усольской свиты, но в отличие от последней имеет карбонатно-ангидритовый состав. Нижняя граница свиты находится ниже забоя скважины. Мощность свиты более 535 м. Она подразделяется на нижнюю и верхнюю подсвиты. Свита в целом характеризуется сильно дифференцированным характером кривых ГК, НГК. К кровле свиты возрастают значения ГК.

В свите встречены многочисленные остатки водорослей и редкие остатки мелкораковинной фауны. На разных уровнях обнаружены многочисленные *Renalcis polymorphus* Masl., *Renalcis granosum* Vologd., *Proaulopora glabra* Vologd., *Gemma* sp., *Subtifloria* sp., также присутствуют пластовые строматолиты *Irregularia* sp., *Stratifera* sp. и столбчатые строматолиты *Collumnacollenia* sp. В шлифах обнаружены срезы мелкораковинной фауны. Также встречаются органостенные микрофоссилии. Их комплекс крайне беден и только один образец содержит разновидность остатков, по которым можно судить о возрасте вмещающих отложений. Это микрофоссилии, близкие к *Ceratophyton spinuconum* (рис. 4, фиг. 4, 5). Подобные формы ранее встречались в Австралии в атдабанском ярусе или моложе [Gravestock et al., 2001]. Наличие указанных выше органических остатков свидетельствует о нижнекембрийском возрасте пород описываемого интервала.

В самой забойной части скважины обнаружены многочисленные остатки водорослей *Renalcis polymorphus* Masl., *Korilophyton* sp. (см. рис. 4, фиг. 1), *Renalcis granosum* Vologd., *Proaulopora glabra* Vologd. Кроме этого, найдены хиолительминты *Torelrella* cf. *biconvexa* Miss. (глубина 5076.2 м), которые типичны для томмотского яруса нижнего кембрия.

Нижнеоксымская подсвита (интервал 5105—4953 м) уверенно выделяется по комплексу ГИС. Она характеризуется чрезвычайно низкими значениями ГК (0—2 мкР/ч), относительно повышенными значениями НГК и стабильно высокими интервальными скоростями. Свита сложена светло-серыми, серыми, коричнево-серыми доломитами, перекристаллизованными, кавернозными, пористыми, трещиноватыми, сульфатизированными, окремненными с реликтами тонко-, мелкообломочного строения, с прослоями строматолитовых доломитов и доломит-известково-ангидритовых пород. Максимальное окремнение развито в призабойной части разреза. В участках наибольшей кавернозности отмечается запах

Рис. 1. Схема расположения скв. Восток-4.

1 — положение скв. Восток-4 и фрагмента сейсмического профиля Восток-10; 2 — зона с повышенной соленостью воды в раннем кембрии; 3 — зона распространения рифовых построек барьерного (краевого) типа; 4 — окраинный бассейн.

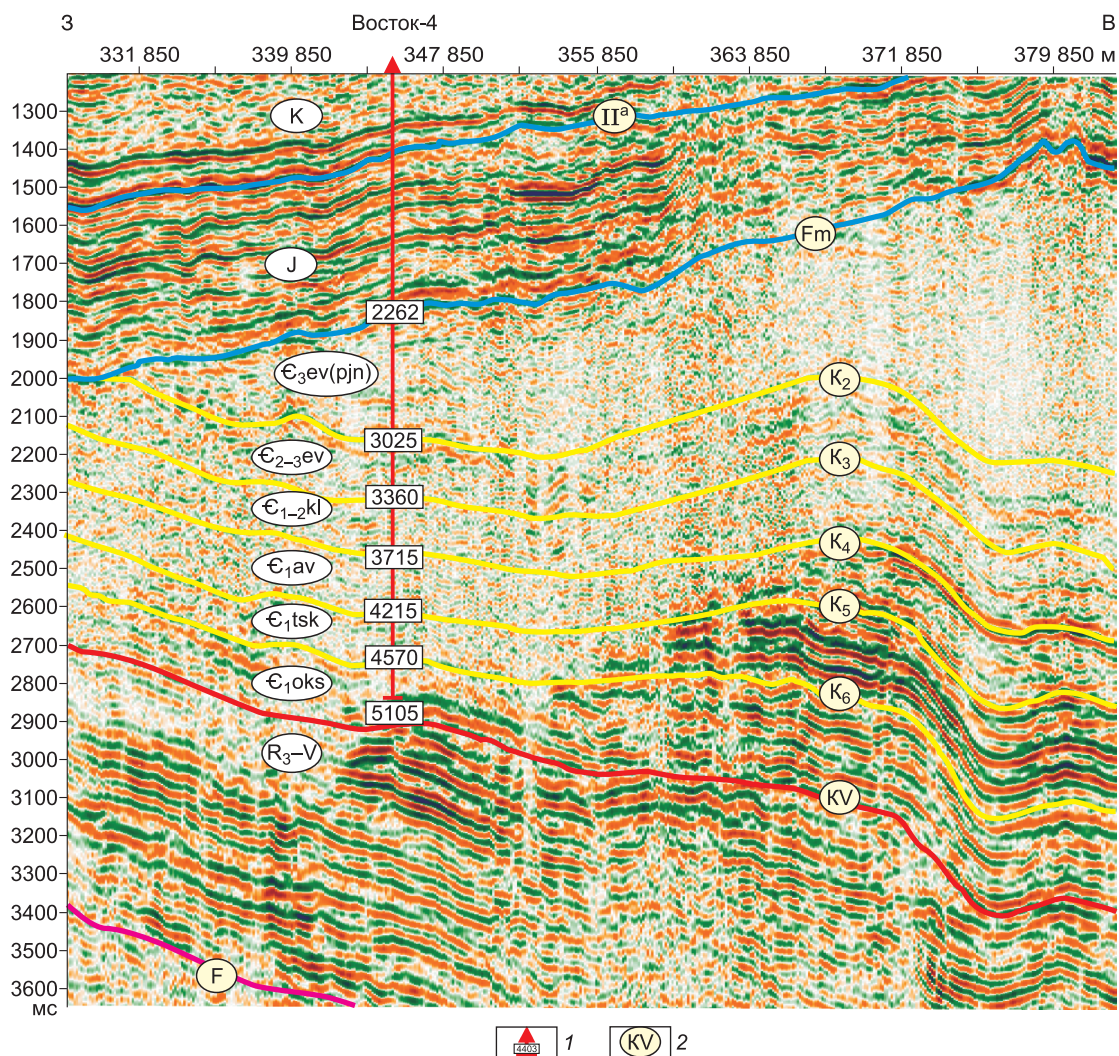


Рис. 2. Фрагмент сейсмического разреза по профилю Восток-10.

1 — положение скважины с отметками глубин; 2 — отражающие горизонты.

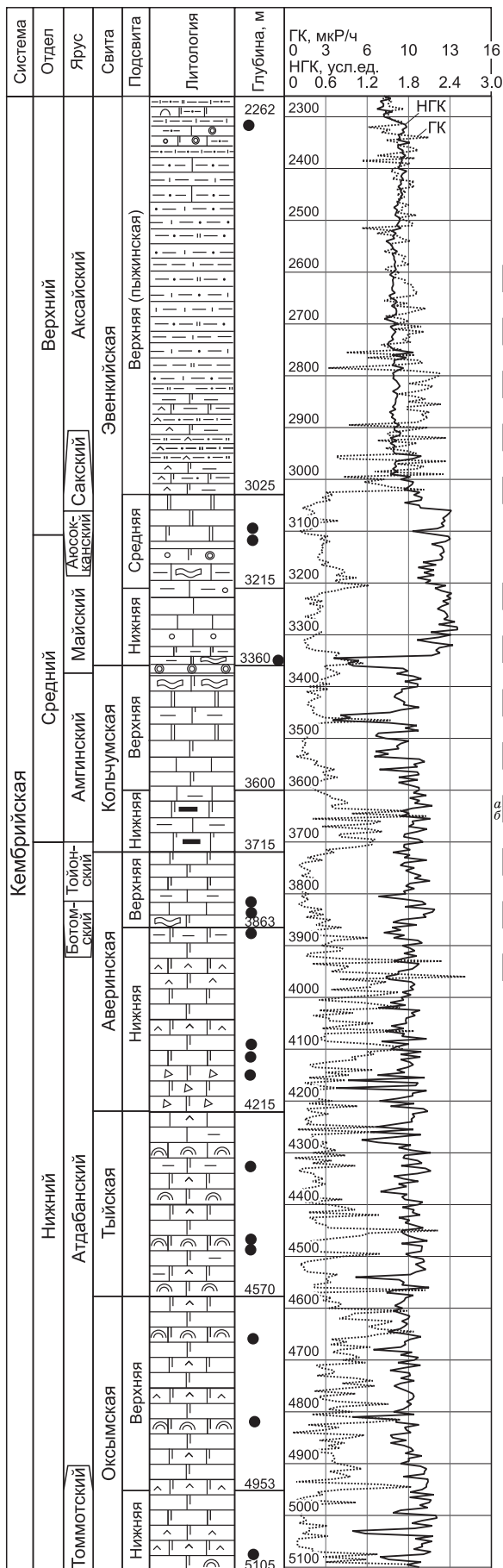


Рис. 3. Разрез кембрийских отложений, вскрытых скв. Восток-4.

1—6 известняки: 1 — массивные, 2 — оолитовые, 3 — комковатые, 4 — строматолитовые, 5 — глинистые, 6 — углеродсодержащие; 7 — доломиты; 8 — известковистые доломиты; 9 — ангидриты; 10 — алевролиты; 11 — известковистые (а) и доломитистые (б) алевролиты; 12 — карстовая брекчия; 13 — седиментационно нарушенные известняки, глинистые известняки; 14 — местонахождение фауны.

нефти и сероводорода, местами наблюдаются мелкие ступчатые выделения полупластичного углеродистого вещества.

Резко преобладающим литотипом подсвиты (более 90 % ее разреза) являются перекристаллизованные обломочные доломиты (доларениты, мелкообломочные доломитовые брекчии и долосилтиты). Значительно меньше распространены строматолитовые доломиты (около 8 % разреза). По данным изучения бурового шлама и характеру кривых ГК и НГК, в интервале, не охарактеризованном керном, 5024.0—5075.4 м, вероятно, резко преобладают доломит-ангидритовые известняки. Видимая мощность подсвиты составляет 152 м.

Верхнеоксымская подсвита (4953—4570 м) сложена переслаивающимися тонко-, мелкообломочными часто градационно-слойчатыми доломитами и ангидритами, в пределах отдельных тонких слоев, обогащенных глинистым веществом. Встречаются прослоисто- и желваково-строматолитовых известняков и доломитов, эвапоритовых микрокристаллических доломитов и ангидритов, интракластовых брекчий, развивающихся по вышеуказанным породам. В нижней части подсвиты резко преобладают трещиноватые пористые доломиты с тонкими редкими слоями слабоглинистых доломитов и ангидритов, а в верхней части появляются тонкообломочные известняки, практически не встречающиеся ниже. Доломиты, особенно строматолитовые, как правило, подвержены кремнению и ангидритизации. В пределах всего разреза толщи, за исключением нижней доломитовой пачки, периодически встречаются тонкослойчатые пакеты красноцветных карбонатных пород, содержащих железисто-глинистое вещество. Для большей же части отложений типичны серая, светло-серая, коричнево-серая, коричневая, темно-серая окраски, обусловленные присутствием тонкодисперсного углеродистого вещества. В участках стилолитизации, перекристаллизации, доломитизации и ангидритизации появляются мелкоступчатые и пленочные его выделения.

Мощность подсвиты 383 м.

Тыйская свита выделена в интервале 4570—4215 м. Стратотип свиты установлен в разрезе скв. Лемок-1 [Елкин и др., 2001]. Тыйская свита характеризуется таким же поведением кривых ГК и НГК, что и оксымская. От верхнеоксымской подсвиты она отличается несколько меньшими показаниями ГК. Свите свойственны высокие значения удельного сопротивления в средней части наряду с пониженными показаниями БК в кровельной и подошвенной частях подсвиты. В нижней части свиты преобладают седиментационные коричнево-серые, темно-коричневые, светло-серые ангидритовые, доломит-ангидритовые, известняково-ангидритовые брекчии с прослоями пластово-строматолитовых известняков, эвапоритовых и мелкообломочных ангидритов, известняков и доломитов. В верхней части толща представлена переслаивающимися градационно-слоистыми зеленовато-серыми глинисто-доломит-ангидритовыми тонкообломочными породами, коричнево-серыми пластово- и желваково-строматолитовыми известняками (часто окремненными и доломитизированными), светло-коричневыми эвапоритовыми известняками, доломитами и ангидритами иногда с признаками засоления. В породах в качестве акцессорной примеси наблюдаются тонкообломочная тефра, желваки кремней, в верхней части подсвиты в единичных случаях присутствуют маломощные прослои красноцветных пород, обогащенных железисто-глинистым материалом. В нижней части свиты отмечается неравномерная пропитка пород битуминозным веществом. Преобладающая слоистость параллельная, градационная. Местами характерна биотурбация, а также седиментационный будинаж, брекчирование, крупномасштабная седиментационная пloidчатость. Иногда отмечается вторичная пористость, появляющаяся, вероятно, за счет растворения тонких прослоев галита.

Мощность свиты составляет 355 м.

В тыйской свите на глубинах 4323.4 и 4341.0 м в шлифах наблюдаются дугообразные сечения (возможно, обломки панцирей трилобитов либо сечения раковин карбонатных брахиопод), на глубине 4331 м — строматолиты *Collumnacollenia* sp. В нижележащем интервале 4473.4—4509.7 м обнаружены многочисленные остатки водорослей *Renalcis granosum* Vologd. и *Renalcis polymorphus* Masl. (см. рис. 4, фиг. 3). В этом же интервале встречены представители мелкораквинной фауны *Eiffelia* sp. (см. рис. 4, фиг. 6). На глубине 4508.5 встречены проблематичные остатки *Ungutia* sp. Перечисленные остатки указывают на нижнекембрийский возраст данного интервала.

Аверинская свита выделена в интервале 4215—3715 м. Стратотип свиты установлен в скв. Лемок-1 [Елкин и др., 2001]. Свита подразделяется на две подсвиты.

Нижнеаверинская подсвита выделена в интервале 4215—3863 м. Для нее присущи дифференцированно высокие показания ГК, в нижней части коррелирующие с низким значениями НГК и БК. Нижняя часть подсвиты сильно дифференцирована по АК. В нижней ее части (4215—4150 м) преобладают карстовые ангидрит-известняково-доломитовые брекчии, верхняя часть — сложена преобладающими тонкослоистыми пакетами переслаивания тонко-, мелкообломочных светло-серых доломитов, ангидритовых доломитов, темно-серых глинистых, ангидритовых градационно-слоистых доломитов. Кроме этого, встречаются коричневые, темно-серые градационно-слоистые доларениты; тонко-, равномерно-кристаллические эвапоритовые светло-коричневые доломиты, ангидритовые, известковистые доломиты, редко известковистые ангидриты и прослои строматолитовых известняков и доломитов пластового и желвакового строения. Наиболее распространенной слоистостью является градационная. В основании градационных слоев наряду с обломками доломита и незначительной примесью силикокластики широко распространен обломочный ангидрит. Местами наблюдается неравномерная пропитка пород темно-коричневым битуминозным веществом.

Мощность нижней подсвиты составляет 352 м.

Вблизи кровли подсвиты (3864.6 м) найдены трилобиты *Bulaiaspis* cf. *sajanica* (см. рис. 4, фиг. 16). Представители этого рода характерны для верхов атдабанского яруса [Ярусное расчленение..., 1984]. В интервале 4094.0—4174.8 м встречаются многочисленные остатки водорослей рода *Renalcis*, мелкораквинной фауны (*Cambroclavus* sp., см. рис. 4, фиг. 8), организмов неясного систематического положения и редкие археоциаты *Rotundocyathus* sp. (см. рис. 4, фиг. 2) Находки фауны указывают на раннекембрийский возраст пород. Вероятнее всего, этот интервал разреза соответствует атдабанскому ярусу.

Верхнеаверинская подсвита выделена в интервале 3863—3715 м. В пределах подсвиты наблюдается существенное расхождение кривых ГК в область пониженных и НГК в область повышенных значений. Удельное сопротивление уменьшается от подошвы свиты к ее кровле. Верхняя часть подсвиты представлена темно-серыми, коричневыми доломитами мелко-, тонкокристаллическими биотурбированными с ходами илоедов, с сегрегационными выделениями ангидрита. В нижней части широко распространены мелко-, среднекомковато-обломочные известняки коричнево-темно-серые с раковинным детритом и фрагментами панцирей трилобитов, слабо неравномерно-перекристаллизованные и доломитизированные. Здесь же встречаются пакеты переслаивания известняков и слабоглинистых пелитоморфных известняков. С этими пакетами связана седиментационная нарушенность отложений (седиментацион-

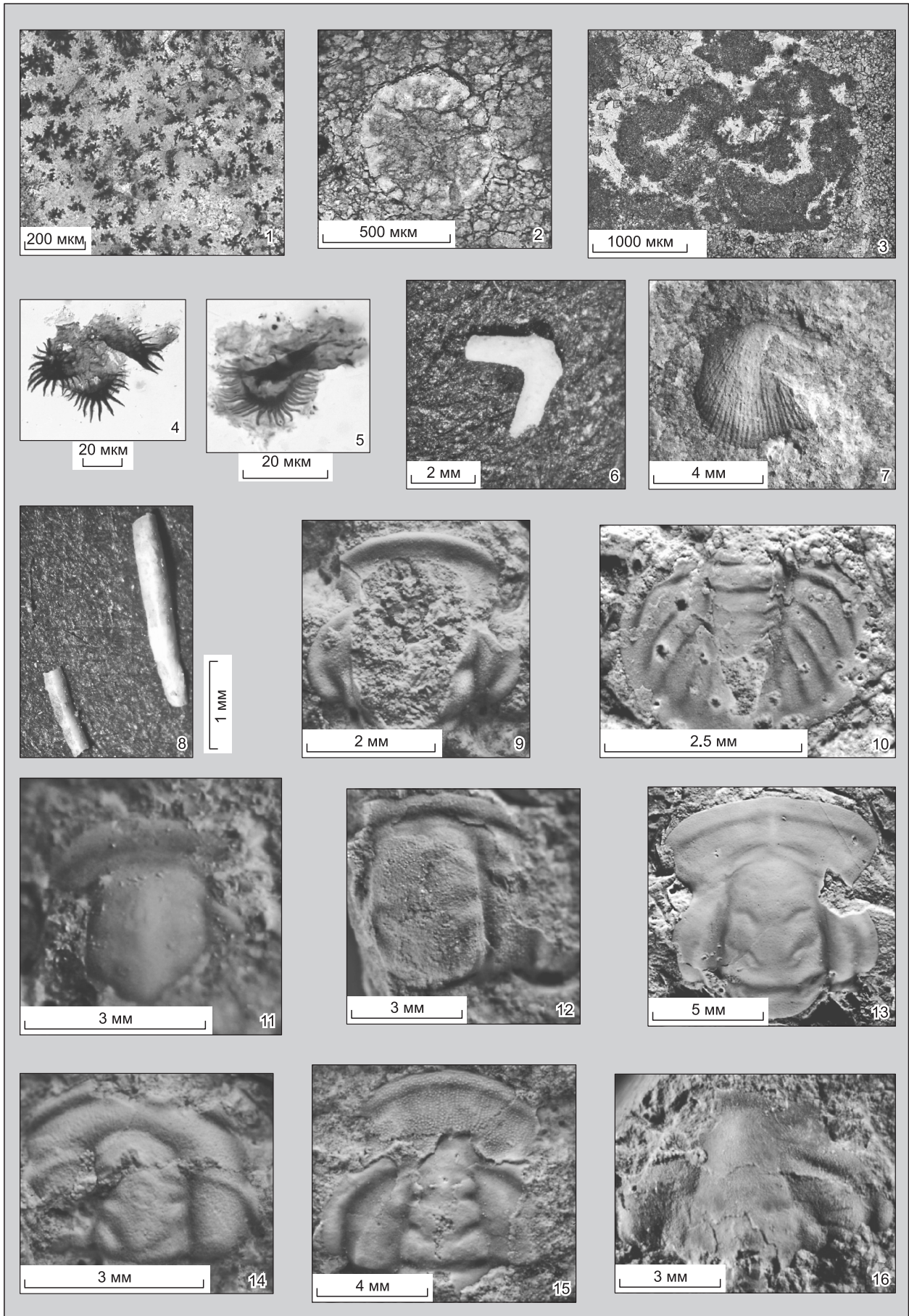


Рис. 4. Характерные формы органических остатков кембрийского разреза скв. Восток-4.

Фиг. 1 — известковые водоросли *Korilophyton* sp., обр. 5094.1, инт. 5093.8—5100.0 м, оксымская свита; фиг. 2 — археоциаты *Rotundocyathus* sp., обр. 4184.3, инт. 4182.0—4187.6 м, аверинская свита; фиг. 3 — известковые водоросли *Renalcis polymorphus* Masl., обр. 4473.4, инт. 4473.0—4480.9 м, тыйская свита; фиг. 4, 5 — органостенные микрофоссилии *Ceratophyton* sp., обр. В4-11, инт. 4836.3—4847.6 м, оксымская свита; фиг. 6 — мелкораквинная фауна (SSF), *Eiffelia* sp., обр. 4486.4, инт. 4486.2—4498.2 м, тыйская свита; фиг. 7 — *Billingsella* sp. — брюшная створка, гл. 3099.3 м, эвенкийская свита; фиг. 8 — мелкораквинная фауна (SSF), *Cambroclavus* sp., обр. 4100.2, инт. 4092.9—4100.5 м, аверинская свита; фиг. 9—11 — *Pseudanomocarina* sp.: 8 — кранидий, гл. 3102.4 м, эвенкийская свита; 9 — пигидий, гл. 3102.2 м, эвенкийская свита; 10 — кранидий, гл. 3101.6 м, эвенкийская свита; фиг. 12 — *Bathyriscellus* sp., кранидий, гл. 3820 м, аверинская свита; фиг. 13 — *Astenaspis* cf. *tenius* Suvorova 1959, кранидий, гл. 3831 м, аверинская свита; фиг. 14 — *Binodaspis* sp., кранидий, гл. 3823 м, аверинская свита; фиг. 15 — *Tungusella manica* Repina, 1960, кранидий, гл. 3852.3 м, аверинская свита; фиг. 16 — *Bulaiaspis* cf. *sajanica* Repina, 1960, кранидий, гл. 3864.6 м, аверинская свита.

ный будинаж, деформация слоев, биотурбация). Для нижней части подсвиты также типичны прослойки светло-коричневых пелитоморфных эвапоритовых тонкопористых доломитов. В самой нижней части ее, в мелкообломочных карбонатных породах, появляется ангидритовый пойкилитовый цемент и тонкие прослойки седиментационных ангидритов. Характерны параллельная, градационная, реже косая, линзовидная слойчатость. В редких слоях отмечается незначительная примесь измененной тефры. Для подсвиты в целом характерно погрубение снизу вверх обломочного карбонатного материала и одновременно усиление доломитизации известняков.

Мощность подсвиты составляет 148 м.

В верхнеаверинской подсвите (3819—3831 м) встречены трилобиты *Micmacropsis?* sp., *Bathyriscellus* sp., *Astenaspis* cf. *tenius*, *Binodaspis* sp., *Termierella* sp., *Tungusella manica* (см. рис. 4, фиг. 12—15) и неопределимые обломки брахиопод. Описанный комплекс трилобитов соответствует ботомскому ярусу нижнего кембрия (урицкий, олекминский горизонты) [Ярусное расчленение..., 1984]. Около подошвы верхнеаверинской подсвиты на глубине 3852.3 найдены трилобиты *Tungusella manica*. На западе Сибирской платформы эти трилобиты свойственны низам ботомского яруса.

Кольчумская свита выделяется впервые в интервале 3715—3360 м. Свита названа по р. Кольчум, правому притоку р. Сым. Она подразделяется на две подсвиты. Подсвиты уверенно разделяются по комплексу ГИС. Нижняя подсвита имеет резко повышенные значения гамма-активности по сравнению с подстилающими и перекрывающими породами, а также относительно повышенные значения удельного сопротивления. Верхняя подсвита имеет акустически дифференцированное строение и низкое удельное сопротивление. Снизу вверх в свите отмечается постепенное снижение гамма-активности. Находки органических остатков в свите редки. Неопределимые обломки трилобитов встречены на глубине 3369 м.

Нижнекольчумская подсвита выделена в интервале 3715—3600 м. Подсвита керном не охарактеризована. Она обладает повышенными по сравнению с подстилающими и перекрывающими отложениями значениями радиоактивности. Судя по составу шлама и материалам ГИС, она представлена переслаивающимися известняками, доломитовыми известняками и известковыми доломитами, карбонатно-глинистыми породами коричнево-серыми до темно-коричневыми и черными с прослоями темно-коричневых, серых, зеленовато-серых глинистых известняков. Мощность подсвиты составляет 115 м.

Верхнекольчумская подсвита выделена в интервале 3600—3360 м. Она охарактеризована керном в самой верхней части (3360—3371 м). Подсвита сложена известково-доломитовыми отложениями, представленными тонкопереслаивающимися серыми кальцилитами, доломилитами и темно-серыми глинистыми пелитоморфными известняками, доломитами, иногда седиментационно нарушенными (седиментационный будинаж, оползневая пloyчатость, кластические дайки). Слойчатость в них представлена параллельной, нормальной и обратной градационной разновидностями, наблюдаются поверхности микроразрыва. Местами появляются незначительные по мощности участки разреза со светло-серой, зеленоватой, желтовато-серой, вишневой и розовой окраской. Не уступают вышеназванным породам по распространенности светло-коричневые, коричнево-серые оолитово-комковатые известняки с ходами илоедов, часто «узорчатые» за счет неравномерной перекристаллизации и доломитизации биотурбированных пород. Редко встречаются прослойки мелкообломочных интракластовых брекчий, песчаные слойки, обогащенные тонкодисперсным углеродистым веществом и мелкими его сегрегациями. Местами отложения неравномерно пропитаны битуминозным веществом.

Общая мощность кольчумской свиты составляет 355 м.

Эвенкийская свита установлена в интервале 3360—2262 м. Она была выделена Г.И. Кириченко [1950] в бассейне р. Подкаменная Тунгуска и на Енисейском кряже. В разрезе скважины подразделяется на три подсвиты.

Нижнеэвенкийская подсвета выделена в интервале 3360—3215 м. Она характеризуется сильным расхождением кривых ГК и НГК (низкие значения ГК и самые высокие по всему палеозойскому разрезу значения НГК). От подошвы подсветы к ее кровле наблюдается постепенное снижение значений гамма-активности. Подсвета представлена коричнево-серыми, иногда светлоокрашенными комковатыми известняками с пелитоморфным цементом и пелитоморфными известняками. Участками известняки обладают признаками пластово-строматолитового строения. Каверны и поры (до 30 %) заполнены кальцитом. В отдельных участках встречены выделения черного углеродистого вещества пластично-твердой консистенции.

Среди отложений толщи выделяется один преобладающий литотип — переслаивающиеся мелкокомковатые и пелитоморфные известняки. Неполный выход керна не позволяет установить характер переслаивания. Вероятно, слои различной структуры имеют толщину более 10—20 см. Признаки пластово-строматолитового строения в отдельных кусках-фрагментах керна позволяют предположить существование также еще одного, но менее распространенного литотипа — маломощных слоев пластово-строматолитовых известняков. Мощность подсветы составляет 125 м. На глубине 3330 м в шлифах определены водоросли *Bija sibirica* Vologd. Неопределимые обломки трилобитов, представленные в основном сегментами плевральных частей торакса и подвижными щеками кранидия, встречены на глубинах 3336.5 и 3342.0 м. Ниже по разрезу (3352.5—3352.3 м) встречены единичные элементы панцирей трилобитов плохой сохранности и напоминающие *Deltocephalus?* sp. Находки представителей этого рода приурочены к амгинскому и майскому ярусам среднего кембрия. По положению в разрезе и находкам фауны нижняя подсвета эвенкийской свиты сопоставляется с майским ярусом среднего кембрия.

Среднеэвенкийская подсвета выделена в интервале 3215—3025 м. Для нижней части характерны повышенные значения гамма-активности, плавно снижающиеся к ее кровле. В нижней части подсветы представлена чередованием преобладающих пакетов седиментационно нарушенного переслаивания светло-серых, серых доломитистых, доломитовых кальксилтитов и доломитоглинистых пород и более редких слоев комковато-водорослевых, комковато-оолитовых, пластово-строматолитовых известняков, часто доломитизированных светло-серых, розово-серых, коричнево-серых. Более редки здесь прослои светло-вишневых слабоглинистых калькаренитов, долосилтитов, интракластовых известняков, а также слойки глинистых карбонатсодержащих алевролитов и аргиллитов. Неравномерность окраски вызвана изменчивым содержанием тонкодисперсного углеродистого и глинистого вещества. Широко развит седиментационный будинаж кальксилтитовых слоев. Отмечается пятнистая и глазковая перекристаллизация и развитие стилолитов. В верхней, преобладающей по объему части она представлена переслаиванием светло-серых, светло-коричневато-серых, коричнево-серых оолитовых, комковато-оолитовых, комковатых, мелкогустковых (водорослевых?) доломитизированных известняков с единичными прослоями (около 0.25 м) вторичных мелкокристаллических доломитов. Окраска обусловлена неравномерным распределением тонкодисперсного битуминозного вещества. Породы массивные либо с неясно проявленной параллельной и градиционной слойчатостью. Доломитизации в первую очередь подвержены оолиты и соизмеримые с ними округлые известковые водорослевые? комки (желваки, пелоиды, ооиды). Общей перекристаллизацией охвачен главным образом пелитоморфный базальный цемент оолитовых известняков. Кроме этого, отмечается пятнистая перекристаллизация (до 20 %), здесь форма тонкокристаллических вторичных агрегатов кальцита обусловлена, по-видимому, текстурным рисунком предшествующей ей седиментационной нарушенности карбонатных отложений.

Мощность подсветы составляет 190 м. Здесь найдены трилобиты, брахиоподы, а также сферические проблематичные образования. На глубинах 3094.8 и 3095.3 м встречены неопределимые обломки трилобитов. На уровнях 3098.7 и 3099.3 м помимо обломков трилобитов обнаружены брахиоподы *Billingsella* sp. (см. рис. 4, фиг. 7). На глубинах 3101.6 и 3102.4 м найдены кранидии плохой сохранности, принадлежащие трилобитам семейств Proasaphiscidae (род *Pseudanomocarina*, см. рис. 4, фиг. 9—11) и Anomocaridae. Пигидии трилобитов этих же семейств найдены на глубине 3102.2 м.

Таким образом, на основании этих находок можно предположить, что интервал от 3094.5 до 3102.4 м сопоставляется с верхами майского яруса среднего кембрия, поскольку брахиоподы рода *Billingsella* встречаются в нижней половине верхнего кембрия и в самых верхах майского яруса [Кембрий..., 1992], а трилобиты семейства Anomocaridae типичны для амгинского и майского ярусов среднего кембрия Сибирской платформы.

Верхнеэвенкийская подсвета выделена в интервале 3025—2262 м. В разрезе скв. Восток-1 (3210—2766 м) ей соответствует пыжинская свита, сопоставленная с верхним кембрием (аксайский ярус и выше) [Конторович и др., 2008б]. Верхнеэвенкийская подсвета (пыжинская свита) имеет самое низкое сопротивление в палеозойской части разреза скважины (10—20 Ом·м в верхней и менее 100 Ом·м в нижней части) и максимальные значения ГК (8—10 мкР/ч). Акустически она хорошо дифференцирована. Ввиду большой мощности верхнеэвенкийской подсветы (763 м) в ее составе выделяются пять пачек. Все пять пачек находят свое отражение в характере кривых ГК и НГК.

Органические остатки в подсвите встречены лишь в самых верхах в маломощном прослое известняка. На глубине 2304.5 м попадают неопределимые обломки трилобитов, представленные частями плевральных сегментов торакса. Это единственная находка остатков макрофауны в подсвите.

Первая пачка верхнеэвенкийской подсвиты выделена в интервале 3025—2880 м. Ее мощность составляет 145 м. Она представлена вишневыми алевритоангидрит-глинисто-доломитовыми, доломито-глинистыми смешанного состава породами с частыми прослоями (0.1—0.3 м) долосилтитов, ангидритовых долосилтитов, интракластовых брекчий, пакетов тонкого переслаивания ангидритовых долосилтитов, доломитистых аргиллитов. Для преобладающих пород характерны примесь рассеянной обломочной слюды и неслойчатые «облаковидные» скопления силикокластики, псевдомассивное, пятнисто-сгустковое строение, обусловленное седиментационной нарушенностью отложений, реже неясно выраженная градационная, параллельная, тонкая прерывисто-параллельная слойчатость. Для менее распространенных литотипов свойственна градационная и параллельная слойчатость, только более четко проявленная, а также седиментационный будинаж, седиментационная пloyчатость.

Вторая пачка подсвиты выделена в интервале 2880—2790 м. Ее мощность составляет 90 м. Пачка керном не охарактеризована. Отмечаются устойчиво повышенные значения ГК, отвечающие мергелям, доломит-известковым алевроаргиллитам.

Третья пачка верхнеэвенкийской подсвиты выделена в интервале 2790—2745 м. Ее мощность составляет 45 м, керном она не охарактеризована. Судя по составу шлама и резкой изменчивости ГК (от низких значений до высоких), подсвита сложена доломит-известковыми алевроаргиллитами, аргиллитами с прослоями известняков и доломитов.

Четвертая пачка верхнеэвенкийской подсвиты выделена в интервале 2745—2370 м. Мощность пачки составляет 375 м. Она представлена алевритоглинисто-известково-доломитовыми слоистыми красно- и пестроцветными отложениями. Преобладают слои темно-вишневых с зелеными пятнами известково-доломитовых, доломитовых алевроаргиллитов с изменчивой карбонатностью, в меньшей степени пакеты тонкого переслаивания светло-вишневых долосилтитов, кальцисилтитов и вишневых карбонатсодержащих аргиллитов с пятнами зелено-серой окраски. Характерны многочисленные агрегатные выделения сложной формы и прослой тонкокристаллического вторичного и седиментационного ангидрита. Наряду с преобладающим псевдомассивным, пятнисто-сгустковым строением, часто присутствующим карбонатсодержащим алевроаргиллитам, отмечается тонкопараллельная, прерывисто-параллельная, нормально- и обратногоградационная, пологокосая слойчатость. Седиментационное преддиагенетическое нарушение отложений выразилось в седиментационном будинаже, появлении кластических даек, микропротрузий глинистого и обломочно-глинистого материала. Карбонатсодержащим алевроаргиллитам свойственны примесь обломочной слюды, агрегатно-сгустковых и рассеянных выделений силикокластики, признаки седиментационного нарушения первично неясно-слойчатых отложений. В виде единичных маломощных (первые сантиметры) прослоев встречены пластово-строматолитовые известняки. Судя по каротажной кривой ГК, прослоям строматолитов, по-видимому, отвечают участки самого низкого значения гамма-активности.

Пятая пачка верхнеэвенкийской подсвиты выделена у границы с юрскими отложениями в интервале 2370—2262 м. Мощность пачки составляет 108 м. Пачка представлена алевритоглинисто-известковыми с примесью доломита контрастно-слоистыми красно- и пестроцветными отложениями. Характерно чередование преобладающих пакетов (мощностью около 1 м) тонкого переслаивания светло-вишневых алевритоглинистых кальцисилтитов, реже долокальцисилтитов и темно-вишневых аргиллитов с изменчивой известковистостью; слоев (0.2—2 м) темно-вишневых известковистых, реже доломит-известковистых алевроаргиллитов, глинистых алевролитов и более редких прослоев 0.1—0.3 м мелкооолитовых, комковато-оолитовых известняков, интракластовых брекчий, калькаренигов с силикокластикой и глауконитом. В виде единичных тонких (первые сантиметры) прослоев встречаются мелкожелваковые строматолитовые известняки, седиментационные и вторичные ангидриты, полевошпат-кварц-лититовые песчаники с примесью кислой вулканокластики. В виде согласных полос и секущих пятен развивается зеленая окраска, обусловленная постседиментационными процессами оглеения. Отложениям свойственны тонкая параллельная, прерывисто-параллельная, градационная (с признаками размыва в основании градационных слоев), пологокосая, несимметричная уплощенно-линзовидная, редко штормовая кособугорчатая разновидность слойчатости. Наряду с прослоями штормовых интракластовых алевроаргиллитов отмечаются седиментационный будинаж (сейсмилиты), кластические дайки и протрузии глинистого и обломочного материала как вниз, так и вверх от слоевых границ. Для обособленных слоев карбонатсодержащих алевроаргиллитов характерно нередко псевдомассивное, мелкогустковое строение, присутствие крупных разноориентированных чешуек обломочной слюды и сложной формы скоплений песчаной силикокластики, свидетельствующие о седиментационной нарушенности первично неясно-слойчатых отложений. Местами отмечается запах H_2S .

АНАЛИЗ ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Трилобиты, встреченные в разрезе около подошвы верхнеаверинской подсвиты и у кровли нижнеаверинской подсвиты на глубине 3851.0—3864.6 м (*Tungusella manica*, *Bulaiaspis* cf. *sajanica*), характерны на Сибирской платформе для Турухано-Иркутско-Олекминского фациального региона нижнего кембрия. Для этого региона типичны лагунные, зарифовые обстановки осадконакопления. В конце атдабанского и в начале ботомского веков раннего кембрия на востоке Предъенисейского осадочного бассейна существовал солеродный суббассейн, являющийся крупным заливом Восточно-Сибирского солеродного бассейна. Скважина Восток-4 располагается у западной границы этого суббассейна.

Комплекс трилобитов, встреченный в верхнеаверинской свите на глубине 3831 м, имеет более широкое распространение. Находки трилобитов, входящих в его состав, имеют место не только в западной части Сибирской платформы (Турухано-Иркутско-Олекминский фациальный регион). Представители родов *Micmacopsis*, *Bathyuriscellus*, *Binodaspis* встречаются в ботомском ярусе в стратотипических разрезах нижнего кембрия в среднем течении р. Лена (Анабаро-Синский фациальный регион). Отдельные виды родов *Micmacopsis*, *Binodaspis* также присутствуют в ботомском ярусе северо-востока Сибирской платформы [Биостратиграфия..., 1974]. Представители родов *Bathyuriscellus*, *Binodaspis* были встречены в нижнем кембрии Западного Прианабарья [Егорова, Савицкий, 1969]. Практически в полном составе этот комплекс встречается в Алтае-Саянской складчатой области, за исключением рода *Bathyuriscellus* [Биостратиграфия..., 1960; Репина, 1966], что свидетельствует о тесной связи этих бассейнов в раннем кембрии.

Трилобиты рода *Pseudanomocarina*, встреченные в среднеэвенкийской подсвите, широко распространены в пределах всей Сибирской платформы в верхах среднего кембрия. Их находки известны на юго-востоке, востоке, северо-востоке и северо-западе платформы.

Известковые водоросли *Renalcis polymorphus*, *R. granosum*, *R. sp.*, *Proaulopora glabra*, распространенные по всему разрезу оксымской и тыйской свит, известны из отложений верхов венда—кембрия. Характерно то, что ранее эта ассоциация была описана из отложений усольской свиты как в естественных обнажениях, так и в керне многих скважин [Титоренко, 1967]. Наибольший интерес представляет находка известковых водорослей рода *Korilophyton* sp. в интервале 5093.8—5100.0 м. Последние широко распространены на Сибирской платформе в отложениях немакит-далдынского яруса венда и томмотского яруса нижнего кембрия [Воронова, Лучинина, 1985]. Учитывая находки археоциат в этом интервале, можно говорить о томмотском возрасте отложений, содержащих данные остатки. Широкое распространение каркасообразующих водорослей (*Renalcis*, *Korilophyton*) и строматолитов в оксымской и тыйской свитах, чередующихся с ангидритсодержащими слоями, свидетельствует о переходной зоне от рифогенного комплекса к солеродной лагуне.

Обнаруженные ассоциации микрофоссилий являются крайне бедными, и только один образец содержит остатки, по которым можно судить о возрасте вмещающих отложений. Эти микрофоссилии представляют собой короткие склериты округленно-треугольной формы, одной стороной прикрепляющиеся к обрывку органической пленки (или оторванные от пленки), а на двух других сторонах несущие шиповидные выросты длиной от 5 до 15 мкм. Подобные склериты с шипами ранее были найдены в кембрийских отложениях Австралии [Gravestock et al., 2001]. Обнаруженные в скв. Восток-4 склериты наиболее близки к *Ceratophyton spinuconum*, но отличаются от него гораздо меньшей высотой и округленно-треугольной (а не заостренно-треугольной) формой. Все орнаментированные (несущие шипы) склериты найдены в Австралии в отложениях атдабанского яруса или более молодых [Gravestock et al., 2001]. Следовательно, наиболее вероятен атдабанский или более молодой возраст вмещающих отложений.

Строматолиты достаточно широко распространены в интервале глубин от 4847.6 до 4668.4 м и представлены пластовыми формами групп *Stratifera* sp., *Irregularia* sp. и пластово-столбчатой формой *Columnacollenia* sp. Данные формы встречаются достаточно в широком возрастном интервале от раннего рифея до ордовика Сибирской платформы, Средней Азии [Королюк, 1960; Дольник, 2000]. Однако наибольшее развитие они получили в кембрийских отложениях Иркутского амфитеатра (ангарская свита), Восточного Саяна (боксонская серия) и Прибайкалья (усольская и бельская свиты).

Для обоснования возраста наиболее значимы находки мелкораквиной фауны *Eifellia* sp. в интервале 4486.2—4498.2 м, *Cambroclavus* sp. — 4092.9—4100.5 м. Первая форма известна из верхней части атдабанского яруса, а вторая в целом типична для всего атдабанского яруса нижнего кембрия [Bengtson et al., 1990]. Остальные формы мелкораквиной фауны *Chancelloria* sp., *Nabaviella* sp. известны из нижнего кембрия. Впервые в отложениях с атдабанской фауной встречены представители хиолитов *Turchuthesa* sp. из семейства *Circothecidae*, которые ранее были известны только в томмотском ярусе [Миссаржевский, 1989]. В интервале 4498.2—4509.7 м встречены разнообразные проблематичные остатки *Ungutia* sp., ранее описанные в работе [Якшин, 1978], из унгутской свиты атдабанского возраста Восточного Саяна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение подчеркнем, что разрез скв. Восток-4 достаточно полно охарактеризован палеонтологически и может рассматриваться в качестве опорного для востока ЗСГ. Разрез представлен всеми тремя отделами кембрийской системы и по комплексу геолого-геофизических характеристик в интервале глубин 2262—5105 м расчленен на оксымскую, тыйскую, аверинскую, кольчумскую и эвенкийскую свиты. Оксымская (возрастной аналог усольской свиты) и кольчумская свиты установлены и описываются впервые. Разрез представлен преимущественно карбонатными, глинисто-карбонатными, сульфатно-карбонатными и терригенными отложениями, формировавшимися у восточной границы барьерной рифовой системы, отделяющей Предъенисейский солеродный суббассейн, являющийся заливом Восточно-Сибирского венд-кембрийского солеродного бассейна, от открытого моря. Широкое распространение каркасообразующих водорослей, архециат и строматолитов в оксымской и тыйской свитах, чередующихся с ангидритсодержащими слоями, свидетельствует о переходной зоне от рифогенного комплекса к солеродной лагуне.

В целом изучение разреза скв. Восток-4 подтверждает наличие в этом районе обширной субмеридиональной зоны рифовых построек барьерного (краевого) типа. Эта зона представляет исключительный интерес при поиске потенциальных коллекторов и ловушек, и с ней могут быть связаны значительные перспективы нефтегазоносности в кембрийском осадочном комплексе на востоке Западной Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

Биостратиграфия палеозоя Саяно-Алтайской горной области / Ред. Л.Л. Халфин. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1960, 498 с. (Труды СНИИГГиМСа, вып. 19, т. 1).

Биостратиграфия и фауны нижнего кембрия Хараулаха (хр. Туора-Сис) / Под ред. Б.С. Соколова, Л.Н. Репиной. М., Наука, 1974, 299 с.

Булыникова А.А., Резапов А.Н., Каштанов В.А. Елогуйская и Туруханская опорные скважины (Красноярский край). Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1973, 182 с. (Тр. ЗапСибНИГНИ, вып. 68).

Воронова Л.Г., Лучинина В.А. Известковые водоросли немакит-далдынского горизонта // Вендская система. Т. 1. Палеонтология. М., Наука, 1985, с. 162—169.

Дашкевич Н.Н., Каштанов В.А. Платформенные отложения палеозоя и подсолевые комплексы докембрия левобережья р. Енисей — новый объект нефтегазопоисковых работ // Докл. АН СССР, 1990, т. 315, № 5, с. 1187—1191.

Дольник Т.А. Строматолиты и микрофитолиты в стратиграфии рифея и венда складчатого обрамления юга Сибирской платформы. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000, 160 с.

Драгунов В.И., Смирнов А.Л., Чернышева Н.Е. Нижнепалеозойские отложения в фундаменте восточной части Западно-Сибирской низменности (Елогуйские скважины) // Докл. АН СССР, 1967, т. 172, № 2, с. 420—422.

Евграфов А.А., Ефимов А.С., Чунихина Л.Д. Особенности геологического строения доюрских отложений Приенисейской части Западно-Сибирской низменности по сейсмическому маршруту: Вездеходная площадь (Томская область) — Сымская площадь (Красноярский край) // Геология и полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск, 1998, КНИИГГиМС, с. 123—130.

Егорова Л.И., Савицкий В.Е. Стратиграфия и биофауны кембрия Сибирской платформы (Западное Прианбарье). М., Недра, 1969, 408 с.

Елкин Е.А., Конторович А.Э., Сараев С.В., Тищенко В.М., Анастасиева С.А., Бахарев Н.К., Богуш О.И., Вараксина И.В., Изох Н.Г., Клец А.Г., Конторович В.А., Коровников И.В., Лучинина В.А., Сенников Н.В., Таныгин Г.И., Филиппов Ю.Ф. Новые данные по стратиграфии палеозоя крайнего юго-востока Западно-Сибирской плиты (по материалам глубокого бурения на Вездеходной площади, Томская область) // Геология и геофизика, 2000, т. 41 (7), с. 943—951.

Елкин Е.А., Каштанов В.А., Конторович А.Э., Коровников И.В., Кринин В.А., Лучинина В.А., Сараев С.В., Тищенко В.М., Филиппов Ю.Ф., Хоменко А.В. Схема стратиграфии кембрийских отложений приенисейской части Западной Сибири // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (7), с. 1015—1027.

Каштанов В.А., Варламов А.И., Данилова В.П., Дашкевич Н.Н., Ефимов А.С., Ильина В.И., Костырева Е.А., Меленевский В.Н., Пак К.Л., Филиппов Ю.Ф., Чунихина Л.Д. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности палеозойских отложений левобережья р. Енисей (Тыйская параметрическая скважина). Новосибирск, Изд-во СО РАН, 1995, 52 с.

Кембрий Сибири / Под ред. Л.Н. Репиной, А.Ю. Розанова. Новосибирск, Наука, 1992, 132 с.

Конторович А.Э., Сараев С.В., Казанский А.Ю., Каштанов В.А., Конторович В.А., Пономарчук В.А., Тищенко В.М., Филиппов Ю.Ф. Новый терригенно-вулканогенный разрез кембрия и положе-

ние западной границы Сибирской платформы (по материалам параметрического бурения на Вездеходной площади, Томская область) // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (7), с. 1022—1031.

Конторович А.Э., Конторович В.А., Филиппов Ю.Ф., Бурштейн Л.М., Каштанов В.А., Хоменко А.В. Предьенисейская нефтегазоносная субпровинция — новый перспективный объект поисков нефти и газа в Сибири // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Материалы науч. совещ. 20—23 октября 2003 г., ИЗК СО РАН. Иркутск, Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2003, с. 123—127.

Конторович А.Э., Конторович В.А., Филиппов Ю.Ф., Беляев С.Ю., Бурштейн Л.М., Вальчак В.И., Евграфов А.А., Ефимов А.С., Каштанов В.А., Конторович А.А., Петров В.Н., Хоменко А.В. Предьенисейская нефтегазоносная провинция — новый перспективный объект поисков нефти и газа в Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2006, № 5—6, с. 9—23.

Конторович А.Э., Варламов А.И., Гражданкин Д.В., Карлова Г.А., Клец А.Г., Конторович В.А., Сараев С.В., Терлеев А.А., Беляев С.Ю., Варакина И.В., Ефимов А.С., Кочнев Б.Б., Наговицин К.Е., Постников А.А., Филиппов Ю.Ф. Разрез венда восточной части Западно-Сибирской плиты (по результатам бурения параметрической скважины Восток-3) // Геология и геофизика, 2008а, т. 49 (12), с. 1238—1247.

Конторович А.Э., Варламов А.И., Емешев В.Г., Ефимов А.С., Клец А.Г., Комаров А.В., Конторович В.А., Коровников И.В., Сараев С.В., Филиппов Ю.Ф., Варакина И.В., Глинских В.Н., Лучинина Н.В., Новожилова Н.В., Пегель Т.В., Сенников Н.В., Тимохин А.В. Новый тип разреза кембрия в восточной части Западно-Сибирской плиты (по результатам бурения параметрической скважины Восток-1) // Геология и геофизика, 2008б, т. 49 (11), с. 1119—1128.

Конторович В.А., Конторович А.Э. Геологическое строение докембрийско-палеозойских платформенных отложений в юго-восточных районах Западной Сибири // Отечественная геология, 2006, № 6, с. 62—70.

Королюк И.К. Строматолиты нижнего кембрия и протерозоя Иркутского амфитеатра // Геолого-геохимические исследования нефтегазоносных областей СССР. М., Изд-во АН СССР, 1960, с. 112—161.

Кириченко Г.И. К стратиграфии отложений палеозоя на р. Подкаменная Тунгуска // Труды ВСЕГЕИ, вып. 1, М., Госгеолтехиздат, 1950, с. 87—99.

Кринин В.А. Геологический разрез юго-восточной части Западно-Сибирской плиты // Геология и полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск, КНИИГиМС, 1998, с. 95—97.

Миссаржевский В.В. Древнейшие скелетные окаменелости и стратиграфия пограничных толщ докембрия и кембрия. М., Наука, 1989, 237 с.

Репина Л.Н. Трилобиты нижнего кембрия юга Сибири. М., Наука, 1966, 203 с.

Сараев С.В., Хоменко А.В., Батурина Т.П., Карлова Г.А., Кринин В.А. Венд и кембрий юго-востока Западной Сибири: стратиграфия, седиментология, палеогеография // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2004, № 1, с. 7—18.

Титоренко Т.Н. Палеоальгологическая характеристика докембрийских, кембрийских и ордовикских отложений юга Сибирской платформы // Ископаемые водоросли СССР. М., Наука, 1967, с. 130—134.

Филиппов Ю.Ф. Геология и перспективы нефтегазоносности домезозойских отложений левобережья р. Енисей (Кеть-Елогуйское междуречье): Автореф. дис. ... к.г.-м.н. Новосибирск, ИГНГ СО РАН, 2001, 24 с.

Якшин М.С. Микрофитолиты докембрия и кембрия восточной части Манского прогиба // Геологическое строение Манского прогиба и его положение в Саяно-Алтайских «байкалидах». Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1978, с. 186—191.

Ярусное расчленение нижнего кембрия. Стратиграфия / Под ред. А.Ю. Розанова, Б.С. Соколова. М., Наука, 1984, 184 с.

Bengtson S., Conway Morris S., Cooper B.J., Jell P.A., Runnegar B.N. Early Cambrian fossils from South Australia. Brisbane, Published by the Association of Australian Palaeontologists, 1990, 364 p.

Gravestock D.I., Alexander E.M., Demidenko Yu.E., Esakova N.V., Holmer L.E., Jago J.B., Lin T.-R., Melnikova L.M., Parkhaev P.Yu., Rozanov A.Yu., Ushatinskaya G.T., Zang W.L., Zhigalov E.A., Zhuravlev A.Yu. The Cambrian biostratigraphy of the Stansbury Basin, South Australia. Moscow, Transactions of the Palaeontological Institute of the Russian Academy of Sciences, 2001, 341 p.