ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 552.143:551.736 (571.65)

ТЕРРИГЕННОЕ ЛАВИННОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ НА ПРИМЕРЕ ПЕРМСКИХ ТОЛЩ ОХОТСКОГО И АЯН-ЮРЯХСКОГО БАССЕЙНОВ (Северо-Восток Азии)

Бяков А. С.^{1,2}, Ведерников И. Л.¹

¹ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт
им. Н. А. Шило ДВО РАН, г. Магадан

²ФГБОУ ВО Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан
E-mail: abiakov@mail.ru

На примере пермских толщ Охотского и Аян-Юряхского бассейнов рассмотрено терригенное лавинное осадконакопление на Северо-Востоке Азии. Эти отложения образуют сложно построенный комплекс осадков, испытывающий закономерные изменения в направлении с юго-запада (от Охотского массива) на северо-восток (к Аян-Юряхскому антиклинорию) – от континентальных и прибрежно-морских обстановок до глубоководных, отвечающих условиям подножия континентального склона. Важной спецификой рассматриваемых бассейнов является широкое развитие глубоководных отложений, прежде всего, различных типов гравититов, среди которых могут быть выделены фации проксимальных и дистальных турбидитов, зерновых и глинистых потоков и диамиктитов (дебритов). Существенное значение имеют также фации нефелоидитов и нарушеннослоистых глубоководных алевролитов. Более мелководные отложения распространены менее широко и формировались в пределах шельфа Охотского массива. Они представлены фациями прибрежных песчаников, песчаников и алевролитов внутренней части шельфа и алевролитов внешней части шельфа. Практически во всех типах пород присутствует та или иная доля пирокластического материала, количество которого увеличивается при приближении к Охотскому массиву, где располагались некоторые вероятные центры извержений Охотско-Тайгоносской вулканической дуги. В эволюции рассматриваемых бассейнов достаточно четко устанавливается общая этапность развития всей системы бассейнов северо-восточной Азии, определявшаяся, очевидно, причинами глобального масштаба. Три первых этапа отвечают региональным надгоризонтам (мунугуджакскому, джигдалинскому и омонскому), а три последних – гижигинскому горизонту и подгоризонтам хивачского горизонта.

Ключевые слова: терригенное лавинное осадконакопление, фации, Охотский и Аян-Юряхский седиментационные бассейны, пермь, Северо-Восток Азии.

DOI: 10.34078/1814-0998-2020-4-3-12

ВВЕДЕНИЕ

В течение пермского периода на Северо-Востоке Азии существовали различные геодинамические обстановки, во многом определявшие особенности осадконакопления седиментационных бассейнов (Бяков и др., 2005) – рис. 1. Процессы терригенного осадконакопления в значительной степени были свойственны всем пермским бассейнам, однако в каждом конкретном случае они имели свою специфику, определявшуюся типом бассейна седиментации.

Наиболее ярко процессы терригенной седиментации проявились в зоне перехода от Охот-

ского массива к его глубоководному обрамлению, которому в современном тектоническом плане отвечает периферия этого массива и Аян-Юряхский антиклинорий. В течение пермского периода здесь накопилась мощная (до 7 км) толща песчано-глинистых осадков (в основном различных гравититов) с существенной долей пирокластического материала, обусловленной влиянием Охотско-Тайгоносской вулканической дуги.

С пермскими породами Аян-Юряхского антиклинория связан ряд крупных месторождений золота, в частности, Наталка, Дегдекан и Павлик, поэтому знание особенностей образования пермских толщ может помочь грамотной разведке и эксплуатации золоторудных месторождений.

Рис. 1. Палеогеография и основные седиментационные бассейны северо-восточной Азии в перми (кепитанский век), по Бяков и др., 2005. Вулканические дуги: ОТВД – Охотско-Тайгоноская, АВД – Алазейско-Олойская; массивы: ОХ – Охотский, ОМ – Омолонский; блоки: ПР – Приколымский, ОУ – Омудевский; седиментационные бассейны: Ох – Охотский, Т – Тайгоносский, А-Ю – Аян-Юряхский, Б – Балыгычанский, Ал – Алазейский, Ол – Олойский, П – Пенжинский, Г – Гижигинский, С – Сугойский, Тс – Тасканский, Сл – Селенняхский, Тх – Тас-Хаяхтахский, Вл – Вилуйский, Кн – Кулар-Нерский, В – Верхоянское окраинно-эпиконтинентальное море, О – Омолонское эпиконтинентальное море

Fig. 1. Paleogeography and main sedimentary basins of Northeast Asia in the Permian (Capitanian), by Biakov et al., 2005. Volcanic arcs: ОТВД – Okhotsk-Taigonos, АВД – Alazeya-Oloi; massifs: ОХ – Okhotsk, ОМ – Omolon; blocks: ПР – Prikolyma, ОУ – Omulevka; sedimentary basins: Ох – Okhotsk, Т – Taigonos, А-Ю – Ayan-Yuryakh, Б – Balygychan, Ал – Alazeya, Ол – Oloi, П – Penzhina, Г – Gizhiga, С – Sugoi, Тс – Taskan, Сл – Selennyakh, Тх – Tas-Khayakhtakh, Вл – Vilyui, Кн – Kular-Nera, В – Verkhoyansk marginal-epicontinental sea, О – Omolon epicontinental sea

ФАЦИАЛЬНО-СЕДИМЕНТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СТРОЕНИЯ ПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ОХОТСКОГО И АЯН- ЮРЯХСКОГО БАССЕЙНОВ

Пермские отложения Охотского и Аян-Юряхского бассейнов образуют сложно построенный комплекс осадков, испытывающий закономерные изменения в направлении с юго-запада (от Охотского массива) на северо-восток (к Аян-Юряхскому антиклинорию) – от континентальных и прибрежно-морских обстановок до глубоководных, отвечающих условиям подножия континентального склона. Рассматриваемые бассейны являются задуговыми по отношению к реконструируемой нами Охотско-Тайгоносской вулканической дуге, которая являлась основным источником осадочного материала (Бяков, Ведерников, 2013).

Графически фациально-седиментационную модель строения пермских отложений Охотского и Аян-Юряхского бассейнов можно представить в виде обобщенного литолого-фациального профиля (рис. 2), а для глубоководных отложений – литолого-фациальной блок-диаграммы,

иллюстрирующей обстановки накопления наиболее характерных образований класса гравититов, известных под названием «диамиктиты» (рис. 3).

Достоверность предложенной модели различна для разных частей рассматриваемых бассейнов и определяется, прежде всего, степенью изученности пермских разрезов на современном уровне знаний. Наибольшей изученностью характеризуются разрезы Аян-Юряхского бассейна (Бяков, Ведерников, 1990; Бяков, 2007). Менее изучены разрезы восточной периферии Охотского бассейна (Бяков, Ведерников, 1990, 2019; Бяков, 2007) и гораздо хуже – (прежде всего из-за их труднодоступности) разрезы центральных частей Охотского бассейна (Умитбаев, 1963; Решения..., 2009).

Вещественный и гранулометрический состав пермских отложений рассматриваемых бассейнов также весьма различен – от гравелитов и диамиктитов до глинистых сланцев и вулканитов. Практически во всех типах пород присутствует та или иная доля пирокластического материала, количество которого увеличивается при при-

Рис. 2. Изученные пермские разрезы Охотского массива и Аян-Юряхского антиклинория и принципиальный литолого-фациальный профиль Охотского и Аян-Юряхского седиментационных бассейнов. Составлено на основе (Умитбаев, Вельдяков, 1977; Бяков, 2007) с изменениями и дополнениями. АЮА – Аян-Юряхский антиклинорий, ОМ – Охотский массив, ООМ – обрамление Охотского массива. 1–3 – пермские отложения: 1 – в пределах Аян-Юряхского антиклинория; 2 – в пределах обрамления Охотского массива; 3 – в пределах собственно Охотского массива; 4 – до- и послепермские образования Охотского массива; 5 – триасовые и юрские образования за пределами Охотского массива; 6 – вулканоплутонические комплексы Охотско-Чукотского вулканического пояса; 7 – гранитоиды; 8 – разломы; 9 – основные изученные разрезы и их номера; 10 – линия литолого-фациального профиля. Литологический состав отложений в значительной степени генерализован

Fig. 2. Studied Permian sections of the Okhotsk massif and Ayan-Yuryakh anticlinorium and the principal lithological-facies profile of the Okhotsk and Ayan-Yuryakh sedimentary basins. Compiled on the basis (Umitbaev, Veldyakov, 1977; Biakov, 2007) with changes and additions. АЮА – Ayan-Yuryakh anticlinorium, ОМ – Okhotsk massif, ООМ – framing of the Okhotsk massif. 1–3 – Permian deposits: 1 – within the Ayan-Yuryakh anticlinorium; 2 – within the framing of the Okhotsk massif; 3 – within the limits of the Okhotsk massif proper; 4 – pre- and post-Permian rocks of the Okhotsk massif; 5 – Triassic and Jurassic rocks outside the Okhotsk massif; 6 – volcano-plutonic complexes of the Okhotsk-Chukchi volcanic belt; 7 – granitoids; 8 – faults; 9 – the main studied sections and their numbers; 10 – line of lithological-facies profile. The lithological composition of the sediments is largely generalized

Рис. 3. Модель терригенного осадконакопления восточной части Охотского и Аян-Юряхского седиментационных бассейнов для кепитанского века (атканское – среднеомчакское время). 1 – диамиктиты слоистые; 2 – проксимальные турбидиты; 3 – дистальные турбидиты подножия континентального склона; 4 – оползневые тела массивных диамиктитов; 5 – глубоководные осадки с примесью телепирокластиков. P_{3at} – атканская свита, P_{3os} – осеннинская толща, P_{3om_1} – нижнеомчакская подсвита, P_{3om_2} – среднеомчакская подсвита

Fig. 3. Model of terrigenous sedimentation of the eastern part of the Okhotsk and Ayan-Yuryakh sedimentary basins for the Capitanian (Atkan – Middle Omchak time). 1 – bedded diamictites; 2 – proximal turbidites; 3 – distal turbidites of the foot of the continental slope; 4 – landslide bodies of massive diamictites; 5 – deep-sea sediments with an admixture of telepyroclastics. P_{3at} – Atkan Formation, P_{3os} – Osenninskaya Unit, P_{3om_1} – Lower Omchak Subformation, P_{3om_2} – Middle Omchak Subformation

ближении к Охотскому массиву, где располагались некоторые вероятные центры извержений Охотско-Тайгоносской вулканической дуги. Доля туфовой составляющей здесь достигает не менее 10–20% объема пород (Бяков, 2007); иногда встречаются лавы основного и кислого состава (Умитбаев, 1963; Бяков, Ведерников, 1990), а также по всему разрезу присутствуют бентонитовые туфы, содержащие синхронные осадконакоплению цирконы (Isbell et al., 2016; Davydov et al., 2018). Косвенным доказательством первичного вулканогенного происхождения пермских пород Охотского и Аян-Юряхского бассейнов может быть также повышенное содержание кремнезема в глинистых породах (в среднем 65.5 мас.%) (Бяков, Ведерников, 2013).

Важной спецификой рассматриваемых бассейнов является широкое развитие глубоководных отложений, прежде всего, различных типов

гравититов, среди которых может быть выделен ряд фаций: проксимальных и дистальных турбидитов, зерновых и глинистых потоков (грейнитов и потоков тонкого илистого материала), диамиктитов (дебритов). Существенную роль играют также фации нефелоидитов и нарушеннослоистых алевролитов дегенеративной стадии рифтогенеза в условиях глубоководья (глубоководных алевролитов) (Бяков, Ведерников, 2008, 2019).

Более мелководные отложения распространены менее широко и формировались в пределах шельфа Охотского массива. Они представлены фациями прибрежных песчаников, песчаников и алевролитов внутренней части шельфа и алевролитов внешней части шельфа (Бяков, Ведерников, 2019).

В отличие от верхнепалеозойских относительно мелководных циклично построенных от-

ложений пассивной окраины Северо-Азиатского кратона (Будников и др., 2003), где цикличность определяется возвратно-поступательным движением береговой линии палеобассейна, трансгрессивно-регрессивный характер осадконакопления рассматриваемых бассейнов, особенно глубоководных его частей, распознается с большим трудом. Тем не менее все наиболее значимые стратиграфические уровни, отражающие в главных чертах этапность развития системы бассейнов северо-восточной Азии, здесь могут быть распознаны.

Еще одной особенностью рассматриваемых отложений является лавинный характер седиментации, достигающий иногда 1000 мм за 1 тыс. лет (т. е. 1000 бубнов), что в 10 раз превышает пороговые значения лавинной седиментации (Лисицын, 1988). Такая скорость осадконакопления вычислена, в частности, для времени накопления старательской свиты (позднехивачское время). Мощность этой свиты достигает 1300 м (Бяков, Ведерников, 1990), что с поправкой на нелитифицированный глинистый осадок (Холодов, 1994, 1997) составляет не менее 4000 м мощности, накопившейся примерно за 4 млн лет (вторая половина вучапина – средний чансин, согласно современной корреляции этих отложений с Международной стратиграфической шкалой).

Как показали проведенные нами исследования, распределение фаций и мощностей разновозрастных пермских толщ изученных бассейнов весьма неравномерно. В то же время оно подчиняется общим закономерностям, установленным для процессов терригенного лавинного осадконакопления в переходной зоне от континента (в нашем случае – Охотского массива (микроконтинента) к океану (морскому бассейну)). Так же, как и в классическом случае (Лисицын, 1988, 2001), здесь наблюдаются два глобальных уровня осадконакопления – первый, отвечающий дельте, и второй – подножию континентального склона. Однако на восточной периферии Охотского бассейна первый глобальный уровень седиментации не выражен в классическом виде, что, возможно, связано с отсутствием крупных речных систем, дренировавших Охотскую сушу. Этот уровень седиментации более отвечает так называемой обстановке линейной терригенной береговой линии (Селли, 1981, 1989), когда дельта не образуется вследствие перераспределения поступающего обломочного материала морскими течениями. В результате формируются достаточно сложные в плане и сечении геологические тела с довольно резкими перепадами мощностей (более чем в 2 раза на протяжении первых десятков километров).

ДИАМИКТИТЫ АТКАНСКОЙ И ОМЧАКСКОЙ СВИТ КАК ПРИМЕР СЛОЖНОГО СТРОЕНИЯ ПЕРМСКИХ ТОЛЩ, СФОРМИРОВАННЫХ ПРОЦЕССАМИ ЛАВИННОЙ СЕДИМЕНТАЦИИ

Наиболее ярким примером достаточно невыдержанного строения изученных пермских толщ являются отложения второго глобального уровня осадконакопления – подножия континентального склона. Именно эти отложения вскрыты в пределах большей части Аян-Юрхского антиклинария и изучены нами наиболее хорошо.

Особенно наглядно сказанное можно проиллюстрировать на примере строения разрезов атканской и омчакской свит, накопившихся в течение кепитенского и начала вучапинского веков (гижигинское и первая половина хивачского времени). Обстановки этого времени трактуются нами как наиболее глубоководные с неоднократными резкими флуктуациями уровня моря, что находит отражение в формировании различных гравититов – прежде всего, проксимальных и дистальных турбидитов, диамиктитов (дебритов), а также зерновых и глинистых потоков (грейнитов и потоков тонкого илистого материала).

В частности, диамиктиты атканской свиты, образование которых связывается нами с транспортировкой в глубоководные части бассейна продуктов синхронного и субсинхронного вулканизма с Охотско-Тайгоносской вулканической дуги (Бяков и др., 2010; Isbell et al., 2016), наиболее ярко иллюстрируют всю сложность процессов образования, накопления и площадного распределения гравититов.

В мелководных обстановках осадконакопления, отвечающих собственно Охотскому массиву (см. рис. 2), диамиктиты, так же как и другие гравититы, не зафиксированы (Умитбаев, Вельдяков, 1977). Они появляются в более глубоководных разрезах периферии Охотского массива, где обычно слагают толщу мощностью от 300 до 500 м, впрочем, в отдельных разрезах выклинивающуюся, что было установлено нами во время полевых работ и ранее отмечалось другими геологами (Бяков, Ведерников, 1990). Такое изменчивое строение толщи диамиктитов в ряде случаев позволяло некоторым геологам говорить о якобы их «астратиграфичной» природе и то связывать образование диамиктитов с местными центрами извержений, то даже трактовать их как мезозойские эксплозивные брекчии, чуждые пермскому разрезу.

На западе Аян-Юрхского антиклинария строение толщи диамиктитов остается в целом таким же, как и на восточной периферии Охотского массива. На юго-восточном фланге Аян-Юрхского антиклинария строение толщи диамиктитов становится еще более сложным (см.

рис. 3). Диамиктиты здесь не только слагают атканскую свиту, но и появляются выше по разрезу на уровне среднеомчакской подсвиты, полностью замещая на отдельных участках турбидитовые толщи, за счет чего создается ложное представление о трехкратном увеличении мощности атканской свиты, появлении якобы выдержанного «безгалькового» уровня, фиксирующего потепление климата (Эпштейн, 1972; Чумаков, 1994). Сами атканские диамиктиты становятся нетипичными, материал крупной (галечной) размерности почти полностью исчезает, в ряде случаев они полностью замещаются неслоистыми аргиллитами, что дает основание выделять здесь «безгальковый» аналог атканской свиты – осеннинскую толщу. Все это создает большие трудности при проведении геологического картирования и в ряде случаев привело к существенным невязкам на границах листов геологических карт. Поэтому понимание закономерностей процессов образования гравититов помогает избежать таких ошибок.

ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК ОХОТСКОГО И АЯН-ЮРЯХСКОГО БАССЕЙНОВ

Несмотря на ряд местных специфических условий осадконакопления, обусловленных влиянием Охотско-Тайгоносской вулканической дуги и рядом других факторов, в целом в эволюции рассматриваемых бассейнов достаточно четко устанавливается общая этапность развития всей системы бассейнов северо-восточной Азии, определявшаяся, очевидно, причинами глобального масштаба. Три первых этапа отвечают региональным надгоризонтам (соответственно, мунугуджакскому, джигдалинскому и омонскому), а три последних – гижигинскому горизонту и подгоризонтам хивачского горизонта.

Мунугуджакский этап может быть зафиксирован только в центральных частях Охотского бассейна, поскольку отложения этого возраста не вскрыты на остальной части рассматриваемой территории. Он характеризуется преобладанием континентальных условий осадконакопления, иногда с проявлением вулканизма кислого состава; лишь в периферийных частях Охотского бассейна существовали мелководно-морские обстановки (Умитбаев, 1963; Клец, 2005; Решения..., 2009). В пределах северо-восточной периферии Охотского массива и территории Аян-Юряхского антиклинория отложения этого времени не вскрыты.

В мунугуджакское время хорошо выраженная система мелководно-морских бассейнов на Северо-Востоке Азии, интенсивно развивавшаяся на протяжении последующих этапов пермской

истории, еще, по-видимому, отсутствовала (Бяков, 2010; Biakov, Shi, 2010). Об этом свидетельствует, прежде всего, почти полное отсутствие соответствующих мелководных фаций и почти полная идентичность бентосных фаун Верхояно-Охотской и Колымо-Омолонской палеобиогеографических провинций.

Джигдалинский этап связан с существенным расширением системы бассейнов северо-восточной Азии. Именно с этого времени в регионе фиксируются первые достоверные мелководные обстановки седиментации (Бяков, Ведерников, 1990). В частности, в пределах Аян-Юряхского бассейна джигдалинскому надгоризонту отвечает родионовская свита, сложенная преимущественно дистальными турбидитами, накапливавшимися в мелководных условиях слабокомпенсированного прогибания начальных стадий развития Аян-Юряхского трога. Верхняя временная граница этапа несколько (на одну зону) не совпадает с границей надгоризонтов. Отложения джигдалинского этапа Аян-Юряхского бассейна формировались в мелководных обстановках континентального склона или его подножия в условиях открытого морского бассейна (Бяков, Ведерников, 1990). Последнее подтверждается остатками амmonoидей и криноидей.

В центральных частях Охотском бассейна продолжалось континентальное осадконакопление, по периферии сменяющееся мелководно-морским (Умитбаев, 1963; Клец, 2005; Решения..., 2009). Кое-где отмечаются прослои туфов кислого состава.

Омонский этап. Отложения этого времени широко представлены во всех изученных бассейнах. В Охотском бассейне они образуют достаточно сложно построенный фациальный ряд от песчано-гравийных континентальных и морских, относительно мелководных, фаций внутреннего (кулинская и большая часть хурэнской свиты) и внешнего (беглинская свита) шельфа до обстановок континентального склона (форельская толща). В Аян-Юряхском бассейне омонскому этапу отвечает пионерская свита, сложенная преимущественно нефелоидитами. Образование этих отложений также связано с мелководными условиями слабокомпенсированного прогибания начальных стадий развития Аян-Юряхского трога. Очень характерны для пород пионерской свиты малоконтрастный облик пород, преимущественно глинистый состав, повышенная углистость и практически полное отсутствие остатков фауны. Все эти факты свидетельствуют о почти полном отсутствии гидродинамики среды и часто проявлявшемся сероводородном заражении. Последнее находит подтверждение в обильной сульфидизации пород и их геохимической специфике. Так, средние содержания $C_{орг.}$ в глинистых

сланцах пионерской свиты достигают 1%, а в отдельных пробах – 2.47% (Ведерников, 2009).

Гижигинский этап хорошо может быть прослежен во всей системе бассейнов северо-восточной Азии и отчетливо зафиксирован в рассматриваемых бассейнах. Его начало совпадает с крупными событиями геологической истории, нашедшими отражение как в изменении режима осадконакопления, так и в вымирании многих таксонов бентосной фауны. Крупный биотический кризис, причины которого до сих пор остаются не ясными, затронул все группы бентосной фауны (Бяков, 2012).

В задуговых бассейнах Охотско-Тайгоносской вулканической дуги гижигинский этап связан, прежде всего, с образованием диамиктитов, сформированных дебризными потоками, транспортировавшими продукты субсинхронного и синхронного вулканизма различного состава в глубоководные части бассейнов. Сами центры извержений были расположены, очевидно, в пределах самой дуги на расстоянии, по разным оценкам, от 50 до 200 км. А. П. Лисицын (1988), отмечает, что потоки разжиженного осадочного вещества способны транспортировать материал на многие сотни километров, что вполне соответствует предполагаемой удаленности от названной дуги. Вторая половина гижигинского этапа в рассматриваемых бассейнах характеризуется уменьшением роли дебризных потоков и усилением деятельности турбидитов и зерновых потоков. Во внутренней части северо-восточной периферии Охотского бассейна накапливались проксимальные, а в более удаленных его частях – преимущественно дистальные турбидиты.

Индикатором достаточно интенсивной деятельности потоков разжиженного осадочного вещества, обладавших значительной кинетической энергией и размывавших подстилающие осадки, могут являться довольно многочисленные конседиментационные брекчии, часто встречающиеся во всех изученных бассейнах. Отдельные прослои неслоистых аргиллитов могли образоваться в те периоды, когда процессы лавинной седиментации не проявлялись. В начале рассматриваемого этапа, вероятно, имели место неоднократные резкие колебания уровня Мирового океана, которые и обусловили накопление мощных пачек диамиктитов, приуроченных к наиболее глубоководным частям морских бассейнов, примыкавших к Охотско-Тайгоносской вулканической дуге (Бяков, 2012). Накопление гравититов связывается А. П. Лисицыным именно с падением уровня океана (Лисицын, 1988. С. 133). Еще одной причиной схода дебризных потоков могли явиться моретрясения, связанные с периодами усиления вулканической активности Охотско-Тайгоносской дуги.

Раннехивачский этап во многом сходен с предыдущим, гижигинским этапом. В изученных бассейнах отложения рассматриваемого этапа представлены глубоководными отложениями – преимущественно различными турбидитами – как дистальными, так и проксимальными. В Охотском и Аян-Юряхском бассейнах накопились мощные толщи этих пород (более 1000 м). В юго-восточной части Аян-Юряхского бассейна образовалась мощная толща (около 1000 м) диамиктитов. Глубоководные условия осадконакопления во всех рассматриваемых бассейнах подтверждаются и практически полным отсутствием остатков фауны; крайне редко встречаются лишь единичные гастроподы страпаролусы и некоторые двустворчатые моллюски (майтайи и нукулиды), большая часть которых относится к детритофагам.

Позднехивачский этап знаменует переход к существенно иному стилю осадконакопления в системе бассейнов Северо-Востока Азии и связан с заключительной фазой общепланетарной пермской регрессии. В условиях мелководья (внутренняя часть северо-восточной периферии Охотского бассейна) накапливались прибрежно-морские отложения кулинской свиты. Фациальные переходы к более глубоководным осадкам старательской свиты сопредельного Аян-Юряхского бассейна нигде не зафиксированы, что является дополнительным аргументом в пользу обособления последнего в качестве трогового.

В глубоководных обстановках, существовавших в рассматриваемых бассейнах (кроме внутренней части Охотского), отложения этого времени характеризуются преимущественно глинистым составом, плохой сортировкой обломочного материала, широким развитием ясно- и неяснопятнистых текстур и текстур нарушенной слоистости. Пятнистые текстуры, а также более частая встречаемость остатков фауны, вероятно, захороненной вблизи мест своего обитания (ископаемые обычно приурочены к плоскостям напластования пород и не имеют признаков перетолжения), обычно являются индикатором обстановок глубокого шельфа (Максимова, 1984). Однако эти обстановки, очевидно, не были шельфовыми в традиционном их понимании, а отражали существенное обмеление окраинных морских бассейнов в связи с глобальной регрессией конца пермского периода и знаменовали дегеративную стадию рифтогенеза в условиях морского бассейна (Романовский, 1996).

Довольно часто в придонном слое возникали условия сероводородного заражения, что подтверждается пониженными содержаниями марганца в образцах, обогащенных молибденом. Этот критерий, по В. Н. Холодову и Р. И. Недумову (1991), является хорошим показателем серо-

водородного заражения как современных, так и древних осадков. В южной части Аян-Юрхского бассейна довольно широко проявились подводно-оползневые процессы, говорящие о значительном уклоне его дна. Ориентировка оползневых складок, сложенных преимущественно карбонатным материалом, свидетельствует, что оползание происходило с востока и северо-востока (в современных координатах). Этот факт может свидетельствовать о пространственной близости в этом направлении шельфа системы Омулевских блоков (террейнов).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, установлено, что пермские отложения Охотского и Аян-Юрхского седиментационных бассейнов образуют сложно построенный комплекс осадков, испытывающий закономерные изменения в направлении с юго-запада (от Охотского массива) на северо-восток (к Аян-Юрхскому антиклинорию) – от континентальных и прибрежно-морских обстановок до глубоководных, отвечающих условиям подножия континентального склона. Важной спецификой рассматриваемых бассейнов является широкое развитие глубоководных отложений, прежде всего, различных типов гравититов, среди которых могут быть выделены фации проксимальных и дистальных турбидитов, зерновых и глинистых потоков и диамиктитов (дебритов). Существенное значение имеют также фации нефелоидитов и нарушеннослоистых глубоководных алевролитов. Более мелководные отложения распространены менее широко и формировались в пределах шельфа Охотского массива. Они представлены фациями прибрежных песчаников, песчаников и алевролитов внутренней части шельфа и алевролитов внешней части шельфа. Практически во всех типах пород присутствует та или иная доля пирокластического материала, количество которого увеличивается при приближении к Охотскому массиву, где располагались некоторые вероятные центры извержений Охотско-Тайгоносской вулканической дуги.

В эволюции рассматриваемых бассейнов достаточно четко устанавливается общая этапность развития всей системы бассейнов северо-восточной Азии, определявшаяся, очевидно, причинами глобального масштаба. Три первых этапа отвечают региональным надгоризонтам (мундугджакскому, джигдалинскому и омонскому), а три последних – гижигинскому горизонту и подгоризонтам хивачского горизонта.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-05-00604.

Авторы благодарят рецензентов за высказанные замечания, способствовавшие улучшению текста статьи.

ЛИТЕРАТУРА

Будников И. В., Гриненко В. С., Клец А. Г., Кутыгин Р. В., Сивчиков В. Е. Модель формирования верхнепалеозойских отложений востока Сибирской платформы и ее складчатого обрамления // Отечественная геология. 2003. № 6. С. 86–92.

Бяков А. С. Биостратиграфия пермских отложений Северного Приохотья (Северо-Восток Азии) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2007. Т. 15, № 2. С. 47–71.

Бяков А. С. Зональная стратиграфия, событийная корреляция, палеобиогеография перми Северо-Востока Азии (по двусторчатому моллюскам). Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2010. 262 с.

Бяков А. С. Пермские биосферные события на Северо-Востоке Азии // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2012. № 2. С. 88–100.

Бяков А. С., Ведерников И. Л. Стратиграфия пермских отложений северо-восточного обрамления Охотского массива, центральной и юго-восточной частей Аян-Юрхского антиклинория : препринт. Магадан : СВКНИИ ДВО АН СССР, 1990. 69 с.

Бяков А. С., Ведерников И. Л. Пермские гравититы Аян-Юрхского седиментационного бассейна (юго-восток Яно-Колымской складчатой системы) // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли : Материалы 5-го Всерос. литолог. совещ. (Екатеринбург, 14–16 окт. 2008 г.). Екатеринбург : ИГТ УрО РАН, 2008. Т. 1. С. 106–109.

Бяков А. С., Ведерников И. Л. Сравнение литомических характеристик глинистых пород перми и нижнего триаса южной части Яно-Колымской складчатой системы в связи с присутствием в них пирокластического материала // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2013. № 3. С. 3–10.

Бяков А. С., Ведерников И. Л. Пермские морские фации восточной периферии Охотского седиментационного бассейна (Северо-Восток Азии) // Там же. 2019. № 4. С. 18–28.

Бяков А. С., Ведерников И. Л., Акинин В. В. Пермские диамиктиты Северо-Востока Азии и их вероятное происхождение // Там же. 2010. № 1. С. 14–24.

Бяков А. С., Прокопьев А. В., Кутыгин Р. В., Ведерников И. Л., Будников И. В. Геодинамические обстановки формирования пермских седиментационных бассейнов Верхояно-Колымской складчатой области // Отечественная геология. 2005. № 5. С. 81–85.

Ведерников И. Л. Распределение органического углерода в золотоносных толщах перми Аян-Юрхского антиклинория // Чтения памяти акад. К. В. Симанова : тез. докл. Всерос. науч. конф. (Магадан, 25–27 нояб. 2009 г.). Магадан : СВНИЦ ДВО РАН, 2009. С. 43–44.

Клец А. Г. Верхний палеозой окраинных морей Ангариды. Новосибирск : Гео, 2005. 240 с.

Лисицын А. П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. Москва : Наука, 1988. 310 с.

Лисицын А. П. Литология литосферных плит // Геология и геофизика. 2001. Т. 42, № 4. С. 522–559.

Максимова С. В. Очерки по прикладной палеоэкологии. Москва : Наука, 1984. 94 с.

Решения Третьего межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и мезозою Северо-Востока России (Санкт-Петербург, 2002) / ред. Т. Н. Корень, Г. В. Котляр. Санкт-Петербург : Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 268 с.

Романовский С. И. Литогеодинимика осадочных бассейнов. Санкт-Петербург : Изд-во ВСЕГЕИ, 1996. 44 с.

Селли Р. К. Введение в седиментологию. Москва : Недра, 1981. 370 с.

Селли Р. К. Древние обстановки осадконакопления. Москва : Недра, 1989. 294 с.

Умитбаев Р. Б. Стратиграфия верхнепалеозойских отложений центральной части Охотского срединного массива // Ученые записки НИИГА. Сер. палеонтол. и биостратигр. Ленинград : НИИГА, 1963. Вып. 2. С. 5–15.

Умитбаев Р. Б., Вельдяков Ф. Ф. Тектоническое и металлогеническое районирование Охотского срединного массива и его обрамления // Вопросы геологии срединных массивов Северо-Востока СССР. Магадан : СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 79–98.

Холодов В. Н. Кривая Л. И. Салопа – Дж. Гилулли – реальность или артефакт? // Литология и полезные ископаемые. 1994. № 2. С. 49–65.

Холодов В. Н. Скорости осадконакопления в настоящем и прошлом // Отечественная геология. 1997. № 3. С. 22–31.

Холодов В. Н., Недумов Р. И. О геохимических критериях появления сероводородного заражения в водах

древних водоемов // Известия АН СССР. Сер. геол. 1991. № 12. С. 74–82.

Чумаков Н. М. Следы позднепермского оледенения на реке Колыме: отзвук гондванских оледенений на Северо-Востоке Азии? // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1994. Т. 2, № 5. С. 130–150.

Энштейн О. Г. Верхнепалеозойские ледово-морские отложения бассейна истоков р. Колымы // Литология и полезные ископаемые. 1972. № 3. С. 112–127.

Biakov A. S., Shi G. R. Palaeobiogeography and palaeogeographical implications of Permian marine bivalve faunas in Northeast Asia (Kolyma-Omolon and Verkhoyansk-Okhotsk regions, northeastern Russia) // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2010. Vol. 298. Is. 1–2. P. 42–53.

Davydov V. I., Biakov A. S., Schmitz M. D., Silantiev V. V. Radioisotopic calibration of the Guadalupian (Middle Permian) Series: review and updates // Earth-Sci. Rev. 2018. Vol. 176. P. 222–240.

Isbell J. L., Biakov A. S., Vedernikov I. L., Davydov V. I., Gulbranson E. L., Fedorchuk N. D. Permian diamictites in Northeastern Asia: Their significance concerning the bipolarity of the late Paleozoic ice age // Ibid. 2016. Vol. 154. P. 279–300.

Lawver L. A., Dalziel I. W. D., Gahagan L. M., Kygar R., Herber B. The Plates 2004. Atlas of Plate Reconstructions (750 Ma to Present Day). Plates Progress Report no. 290-0804. Report No. 191. University of Texas, 2004. 88 p.

Поступила в редакцию 13.09.2020 г.

Поступила после доработки 23.09.2020 г.

TERRIGENOUS AVALANCHE SEDIMENTATION ON THE EXAMPLE OF PERMIAN DEPOSITS OF THE OKHOTSK AND AYAN-YURYAKH BASINS (Northeast Asia)

A. S. Biakov^{1,2}, I. L. Vedernikov¹

¹North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n. a. N. A. Shilo, FEB RAS, Magadan

²North-Eastern State University, Magadan

Terrigenous avalanche sedimentation in Northeast Asia is considered on the example of the Permian strata of the Okhotsk and Ayan-Yuryakh basins. These deposits form a complicated sedimentary complex undergoing regular changes in the direction from the southwest (from the Okhotsk massif) to the northeast (to the Ayan-Yuryakh anticlinorium) – from continental and coastal-marine environments to deep-water, corresponding to the conditions of the foot of the continental slope. An important specific feature of this basins is the widespread development of deep-water deposits, primarily of various types of gravities, among which facies of proximal and distal turbidites, grain and clay flows, and diamictites (debrites) can be distinguished. The facies of nepheloidites and disturbed-bedded deep-water siltstones also play a significant role. Shallower sediments are less widespread and were formed within the shelf of the Okhotsk massif. They are represented by facies of coastal sandstones, sandstones and siltstones of the inner part of the shelf and siltstones of the outer part of the shelf. Almost all types of rocks contain one or another fraction of pyroclastic material, the amount of which increases with approaching the Okhotsk massif, where some probable centers of eruptions of the Okhotsk-Taigonos volcanic arc were located. In the evolution of the basins under consideration, the general stages in the development of the entire system of northeast Asian basins are clearly established, which was obviously determined by reasons of a global scale. The first three stages correspond to the regional superhorizons (Munugudzhakian, Dzhigdalian, and Omolonian), the last three, to the Gizhigian Horizon and subhorizons of the Khivachian Horizon).

Keywords: terrigenous avalanche sedimentation, facies, Okhotsk and Ayan-Yuryakh sedimentary basins, Permian, Northeast Asia.

REFERENCES

- Biakov, A. S., 2007. Permian Biostratigraphy of the Northern Okhotsk Region (Northeast Asia), *Stratigraphy and Geological Correlation*. 15, 2, 161–184.
- Biakov, A. S., 2010. Zonal Stratigraphy, Event Correlation, Paleobiogeography of the Permian of Northeast Asia (Based on Bivalves). Magadan, NEISRI FEB RAS [In Russian with English Summary].
- Biakov, A. S., 2012. Permian Biospheric Events in Northeast Asia, *Stratigraphy and Geological Correlation*. 20, 2, 199–210.
- Biakov, A. S., Prokopiev, A. V., Kutygin, R. V., Vedernikov, I. L., Budnikov, I. V., 2005. Geodynamic Environment of Permian Sedimentary Basins Formation in the Verkhoyansk-Kolyma Folded Area, *Otechestvennaya Geologiya*. 5, 81–85 [In Russian].
- Biakov, A. S., Shi G. R., 2010. Palaeobiogeography and Palaeogeographical Implications of Permian Marine Bivalve Faunas in Northeast Asia (Kolyma-Omolon and Verkhoyansk-Okhotsk Regions, Northeastern Russia), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 298, 1–2, 42–53.
- Biakov, A. S., Vedernikov, I. L., 1990. Stratigraphy of Permian Deposits in the North-Eastern Framing of Okhotsk Massif, Central and South-Eastern Parts of the Ayan-Yuryakh Anticlinorium, Preprint. Magadan, SVKNII DVO AN USSR [In Russian].
- Biakov, A. S., Vedernikov, I. L., 2008. Permian Gravities of the Ayan-Yuryakh Sedimentary Basin (South-East of the Yana-Kolyma Folded System), *Types of Sedimentogenesis and Lithogenesis and Their Evolution in the History of the Earth: Materials of the 5th All-Russian Lithological Meeting, Yekaterinburg, October 14–16, 2008*, Yekaterinburg, IGG Ural Branch RAS. 1, 106–109 [In Russian].
- Biakov, A. S., Vedernikov, I. L., 2013. Comparison of Lithochemical Characteristics of Permian and Lower Triassic Clay Rocks in the Southern Part of the Yana-Kolyma Folded System in Connection with the Presence of Pyroclastic Material in Them, *Vestnik NESCFEB RAS*. 3, 3–10 [In Russian].
- Biakov, A. S., Vedernikov, I. L., 2019. Permian Marine Facies of the Okhotsk Sedimentary Basin (Northeast Asia), *Ibid.* 4, 18–28 [In Russian].
- Biakov, A. S., Vedernikov, I. L., Akinin, V. V., 2010. Permian Diamictites in Northeast Asia and Their Possible Origin, *Ibid.* 1, 14–24 [In Russian].
- Budnikov, I. V., Grinenko, V. S., Klets, A. G., Kutygin, R. V., Sivchikov, V. E., 2003. Model of the Formation of the Upper Paleozoic Deposits in the East of the Siberian Platform and Its Folded Framing, *Otechestvennaya Geologiya*. 6, 86–92 [In Russian].
- Chumakov, N. M., 1994. Evidence of Late Permian Glaciation in the Kolyma River Basin: a Repercussion of the Gondwanan Glaciations in Northeast Asia? *Stratigraphy and Geological Correlation*. 2, 5, 426–444.
- Davydov, V. I., Biakov, A. S., Schmitz, M. D., Silantiev, V. V., 2018. Radioisotopic Calibration of the Guadalupian (Middle Permian) Series: Review and Updates, *Earth-Science Reviews*. 176, 222–240.
- Epshtein, O. G., 1972. Upper Paleozoic Ice-Marine Deposits of the Kolyma River, Headwaters Basin, *Litology and Mineral Resources*. 3, 112–127 [In Russian].
- Isbell, J. L., Biakov, A. S., Vedernikov, I. L., Davydov, V. I., Gulbranson, E. L., Fedorchuk, N. D., 2016. Permian Diamictites in Northeastern Asia: Their Significance Concerning the Bipolarity of the Late Paleozoic Ice Age, *Earth-Science Reviews*. 154, 279–300.
- Kholodov, V. N., 1994. L. I. Salop – J. Gillulli Curve – Reality or Artifact? *Litology and Mineral Resources*. 2, 49–65 [In Russian].
- Kholodov, V. N., 1997. Sedimentation Rates in the Present and the Past, *Otechestvennaya Geologiya*. 3, 22–31 [In Russian].
- Kholodov, V. N., Nedumov, R. I., 1991. On the Geochemical Criteria for the Occurrence of Hydrogen Sulfide Contamination in the Waters of Ancient Seas, *Izvestiya AN SSSR, Ser. Geologicheskaya*. 12, 74–82 [In Russian].
- Klets, A. G., 2005. Upper Paleozoic of the Marginal Seas of Angarida. Novosibirsk, Geo [In Russian].
- Lawver, L. A., Dalziel, I. W. D., Gahagan, L. M., Kygar, R., Herber, B., 2004. The Plates 2004, Atlas of Plate Reconstructions (750 Ma to Present Day), Plates Progress Report No. 290-0804, Report No. 191, University of Texas.
- Lisitsyn, A. P., 1988. Avalanche Sedimentation and Hiatuses in Seas and Oceans. Moscow, Nauka [In Russian].
- Lisitsyn, A. P., 2001. Lithology of Lithospheric Plates, *Russian Geology and Geophysics*. 42, 4, 522–559 [In Russian].
- Maksimova, S. V., 1984. Essays on Applied Paleogeology, Moscow, Nauka [In Russian].
- Resolution of the Third Interdepartmental Regional Stratigraphic Meeting on the Precambrian, Paleozoic, and Mesozoic of Northeast Russia, St. Petersburg, 2002, ed. T. N. Koren', G. V. Kotlyar. St. Petersburg, VSEGEI [In Russian].
- Romanovsky, S. I., 1996. Lithogeodynamics of Sedimentary Basins, St. Petersburg, VSEGEI [In Russian].
- Selley, R. C., 1981. An Introduction to Sedimentology. Moscow, Nedra [In Russian].
- Selley, R. C., 1989. Ancient Sedimentary Environments, Moscow, Nedra [In Russian].
- Umitbaev, R. B., 1963. Stratigraphy of the Upper Paleozoic Deposits of the Central Part of the Okhotsk Massif, *Uchenye Zapiski NIIGA, Ser. Paleontol. and Biostratigr.* Leningrad, NIIGA. 2, 5–15 [In Russian].
- Umitbaev, R. B., Veldyakov, F. F., 1977. Tectonic and Metallogenic Zoning of the Okhotsk Massif and Its Framing, *Problems of the Geology of the Middle Massifs of the North-East of the USSR*. Magadan, SVKNII DVNC AN USSR. 79–98 [In Russian].
- Vedernikov, I. L., 2009. Distribution of Organic Carbon in Permian Gold-Bearing of the Ayan-Yuryakh Anticlinorium, *Conference Dedicated to the Memory of Academician K. V. Simakov, Conference Proceedings (Magadan, November 25–27, 2009)*. Magadan, NESCFEB RAS. 43–44 [In Russian].