

Обстановки формирования позднедевонских отложений окраин Кузнецкого бассейна и особенности биофациального распределения остракод*

Б. М. Попов, С. В. Сараев, А. С. Ганашилин

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
Российская Федерация, 630090, Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3

Для цитирования: Попов, Б. М., Сараев, С. В., Ганашилин, А. С. (2023). Обстановки формирования позднедевонских отложений окраин Кузнецкого бассейна и особенности биофациального распределения остракод. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*, 68 (1), 171–195. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2023.110>

Исследован вулканогенно-карбонатно-терригенный верхнедевонский комплекс отложений окраин Кузнецкого бассейна. Результаты изучения седиментологических процессов, состава осадочных пород, специфики петрографического состава примесного пирокластического материала позволяют реконструировать здесь обстановки осадконакопления в позднем девоне. Установлено преобладание в качестве примеси, а иногда и основной составляющей в осадочных породах андезитовой тонкой пирокластики при меньшем содержании кислых и основных по составу вулканических компонентов. От позднего живета — раннего франа к фамену в породах происходит неравномерное увеличение содержания кислой пирокластики. Исследованные разрезы относятся к обширному шельфу и континентальному склону Сибирского палеоконтинента. Зафиксировано западное погружение палеосклона. Изученные отложения представлены тонко-, мелкозернистыми тефроидными и вулканомиктовыми песчаниками, тонкодетритовыми известняками, олистостромами и оползневыми брекчиями, турбидитами и более редкими турбидитовыми каналитами, своеобразными «конгломератовидными известняками» (палеосейсмитами). Состав пирокластики и вулканокластики в осадочных породах свидетельствует о проявлении синхронно с осадконакоплением андезитового вулканизма и о существовании в позднем девоне на исследованной территории палеогеодинамической обстановки, соответствовавшей активной континентальной окраине, возможно, андского типа. Проведен анализ остракод на основе данных, полученных в результате количественного подсчета экземпляров на родовом уровне из разрезов среднего (верхняя часть) и верхнего девона трех структурно-фациальных подрайонов окраин Кузнецкого бассейна. Особенности биофациального распределения остракод позволили выделить характерные ассоциации (10 ассоциаций) и установить их приуроченность к определенным частям бассейна с позднеживетского по позднефаменское время. Прослежено влияние вулканизма на состав остракодовых ассоциаций, появление пирокластики в породах уменьшает таксономическое разнообразие остракодовых ассоциаций и количественный состав. Вариации таксономического состава ассоциаций остракод

* Седиментологическая часть работы выполнена в рамках научных тем: FWZZ-2022-0007 и FWZZ-2022-0005 Государственной программы ФНИ. Палеонтолого-стратиграфическая часть и биофациальный анализ по остракодам выполнен в рамках проекта РНФ № 22-27-00703.

хорошо коррелируются с трендами Т-Р циклов, род *Bairdia* является доминантным во время развития и на пике трансгрессивных фаз.

Ключевые слова: остракоды, биофациальный анализ, седиментология, обстановки осадконакопления, девонская система, живетский ярус, франский ярус, фаменский ярус, Кузнецкий бассейн.

1. Введение

В выступе палеозоя на юго-востоке Западно-Сибирской геосинеклизы, представленном структурами Салаира, Колывань-Томской складчатой зоны и Кузнецкого прогиба, отложения верхнего девона наиболее полно вскрываются в естественных обнажениях и известняковых карьерах на севере Кузбасса.

Первые работы, посвященные палеогеографическим и геодинамическим реконструкциям в девоне на рассматриваемой территории, принадлежат группе исследователей под руководством Е. А. Елкина (Елкин и др., 1994; 2003; 2007), а также В. Н. Дубатолу и В. И. Краснову (Дубатов и Краснов, 2000а; 2000б; 2011). В девоне территория Кузбасса входила в Алтае-Салаиро-Кузнецкий седиментационный бассейн (Елкин и др., 1994), в котором выделены три мегазоны океанического бассейна: внешняя (приконтинентальная), карбонатная платформа и внутренняя (бассейновая). В раннем девоне режим пассивной окраины был установлен позже, в связи с субдукцией Палеоазиатского океана под Сибирский континент в эмсе и раннем живете происходило формирование магматической дуги с последующим смещением ее к западу. В позднем живете и в позднем девоне установлено дальнейшее смещение зоны субдукции на запад и раскрытие окраинных морей. Таким образом, согласно (Елкин и др., 1994), в девоне Алтае-Салаиро-Кузнецкий бассейн в целом представлял собой обширный шельф Сибирского кратона, на западе переходящий в океаническое пространство. На внешнем шельфе унаследованно развивалась, начиная от позднего ордовика до девона включительно, карбонатная платформа (типа барьерного рифа) с изменчивой во времени внешней и внутренней границами. Верхняя граница шельфа и континентальной суши в позднем девоне трассируется вышеуказанными исследователями в субмеридианальном направлении, практически совпадая с Кузнецким разломом, отделяющим Кузбасс от Кузнецко-Алатауской складчатой системы. В позднем девоне, по нашим данным, на севере Кузнецкого прогиба реконструируется материковый склон и обстановки его основания. В позднем девоне Кузнецкий бассейн, как часть более крупного бассейна, существовал на коре континентального типа вблизи зоны перехода от Сибирского континента к Палеоазиатскому океану. Колывань-Томская складчатая зона структурно оформилась только в постдевонское время, в конце герцинского орогенеза, в позднедевонскую эпоху она согласно вписывается в вышеприведенную палеогеографическую зональность.

Девонская система на окраинах Кузнецкого бассейна представлена всеми тремя отделами, каждый отдел хорошо охарактеризован остракодами. По фациальному характеру изученные отложения значительно отличаются друг от друга (рис. 1). Разрезы окраины Кузнецкого бассейна играют большую роль для познания стратиграфии верхнедевонских отложений всего Западносибирского региона.

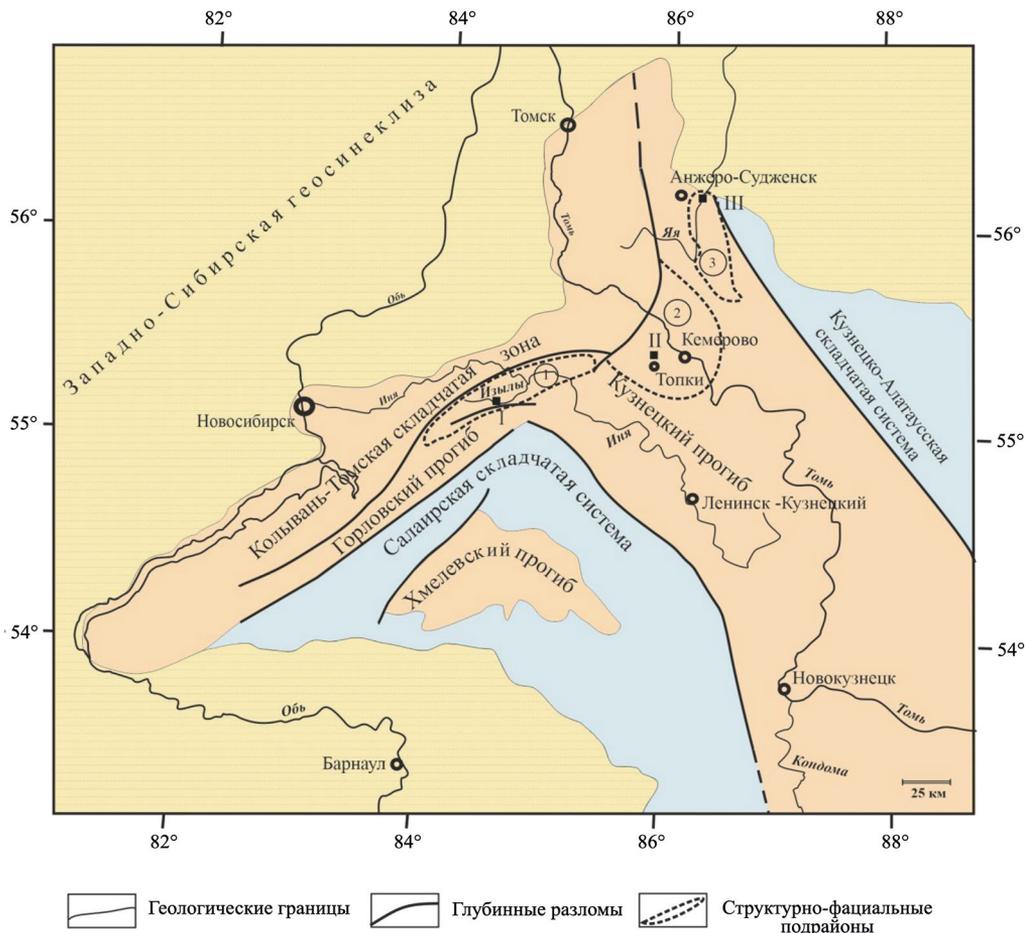


Рис. 1. Схема тектонического районирования по (Геологическая карта..., 1987) с изменениями и расположением изученных разрезов:

I — р. Изылы, ниже и выше плотины; II — Соломинский карьер; III — бассейн р. Яя; 1 — Изылинский подрайон; 2 — Зарубинский подрайон; 3 — Яя-Барзасский подрайон. Структурно-фациальные подрайоны указаны по: (Решение Всесоюзного совещания..., 1982)

Интерес к остракодам обусловлен многими факторами. Одним из них является мелкий размер раковин остракод (от 0.2 мм до 1 см), благодаря этому получают достаточно представительные коллекции из сравнительно небольшого образца. Важным фактором является повсеместное распространение остракод в терригенных и карбонатных породах.

В работе приведены результаты биофациальных исследований остракод из эталонных разрезов среднего и верхнего девона юго-востока Западной Сибири. Рассматриваемые опорные разрезы расположены в трех структурно-фациальных подрайонах (СФПР) окраин Кузнецкого бассейна: Изылинском (бассейн р. Изылы), Зарубинском (Соломинский карьер) и Яя-Барзасском (бассейн р. Яя) (Наливкин, 1973; Решение Всесоюзного совещания..., 1982) (рис. 2). Часть коллекции остракод была собрана и предварительно определена Н.К. Бахаревым (Бахарев, 2008;

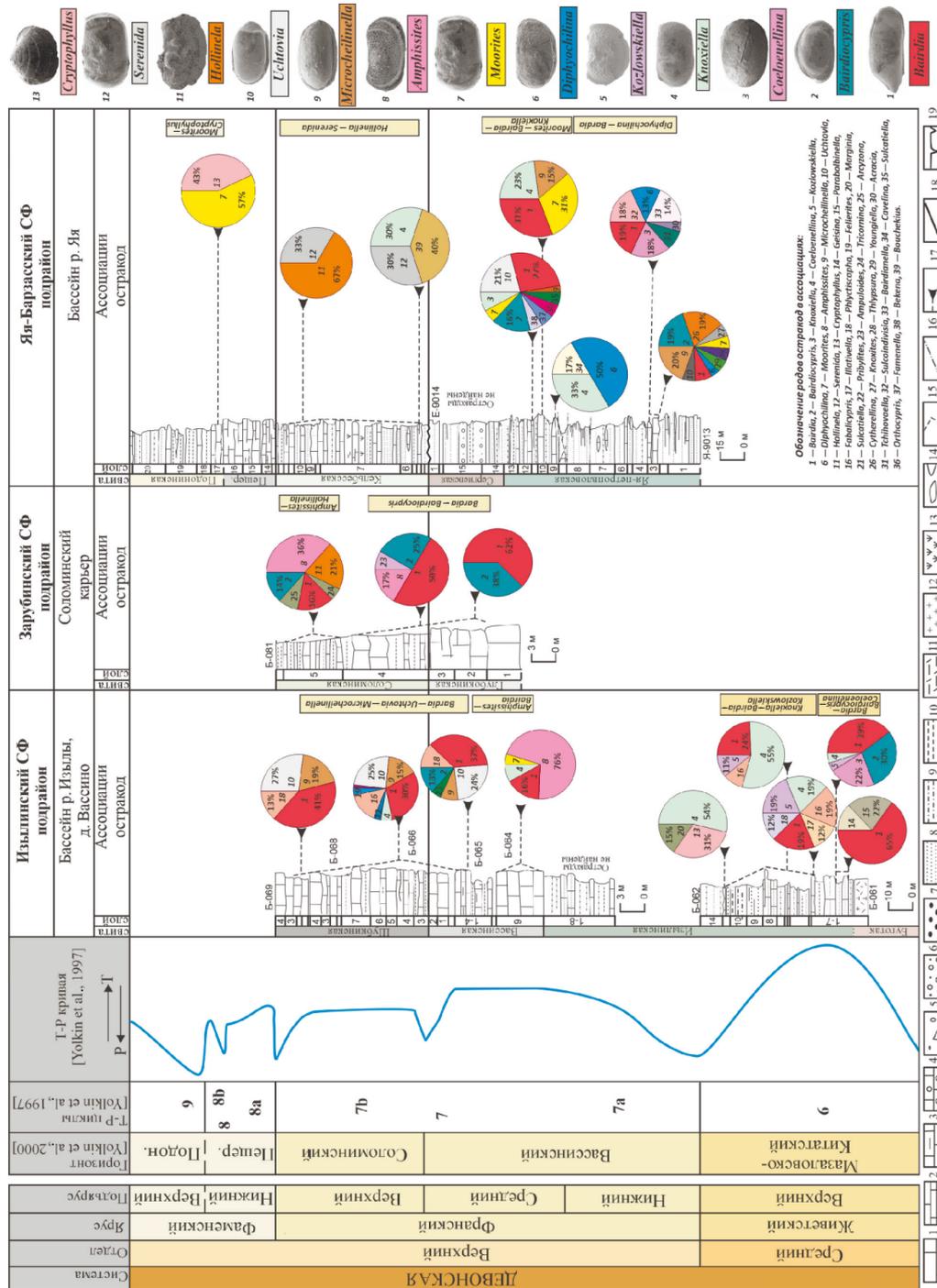
Bakharev et al., 2011). Б. М. Поповым в ходе полевых работ (в 2016 и 2021 гг.) проводился дополнительный отбор образцов и были получены новые коллекции. Привязка фауны к литологическим колонкам приведена по (Bakharev et al., 2011).

В процессе дальнейшего изучения эта коллекция была пересмотрена, уточнен ее таксономический состав и проведен биостратиграфический анализ остракод (Попов, 2019; 2021). Суммарное количество материала составили 3100 раковин и створок остракод, всего определено 54 вида, относящиеся к 35 родам. Коллекция хранится в лаборатории микропалеонтологии № 324 и ЦКП ГЕОХРОН ИНГГ СО РАН, под № ОКБ-3.

2. Биостратиграфические данные

Изученные разрезы занимают стратиграфический интервал от самых верхов живетского яруса по верхнюю часть фаменского яруса. Региональный интервал включает в себя: мазаловско-китатский, вассинский, соломинский, пещеркинский и подонинский горизонты (Yolkin et al., 2000) (рис. 3).

Ранее был проведен биостратиграфический анализ комплексов остракод из исследуемых разрезов, в результате которого выделены пять биостратонов в ранге слоев с фауной, отвечающих интервалу от верхней части живетского яруса по верхнефранский подъярус (Попов, 2019). По данным, полученным в результате биостратиграфического анализа остракод, макрофлоры и миоспорам, уточнено стратиграфическое положение нижней части изылинской свиты как верхней части верхнего живета (Попов, 2019; Юрина и др., 2016), тогда как ранее она относилась к нижнему франу (Bakharev et al., 2011; Язиков и др., 2012; 2013). Так, слои с *Bairdia carinata*, выделенные в нижней и средней части изылинской свиты в разрезе на р. Изылы, отвечают верхам верхнего живета (Попов, 2019). Выделенные слои с *Bairdia carinata* имеют схожие характерные таксоны, встреченные в слоях с *Svantovites posneri* (стараоскольский горизонт, живетский ярус) Тимано-Печорского субрегиона (Попов, 2019). Слои с *Bairdia kynovensis* выделены в яя-петропавловской свите, в разрезе на р. Яя, и отвечают интервалу от нижнего до среднего франа. Комплексы остракод встречены совместно с многочисленными нижнефранскими брахиоподами (Bakharev et al., 2011). Слои с *Bairdia vassinoensis* выделены на р. Изылы, в вассинской свите, и прослежены на р. Яя, в верхней части яя-петропавловской свиты, они соответствуют средней части франского яруса (Попов, 2019; 2021). Нижняя часть слоев с остракодами сопоставляется с конодонтовой зоной *hassi*, также в разрезе на р. Яя определены среднефранские брахиоподы (Bakharev et al., 2011). Слои с *Hollinella valentinae* выделены в соломинской свите и соответствуют верхней части франского яруса (Попов, 2019; 2021). Слои с остракодами содержат комплекс конодонтов, который отвечает верхней части франского яруса (разрезы Б-081, Е-9014), а также комплекс верхнефранских брахиопод (разрезы Б-081, Е-9014) (Bakharev et al., 2011; Yazikov et al., 2011; Yazikov and Shcherbanenko, 2011). Слои с *Pribylites domanicus* выделены в низах верхнего франа (низы шубкинской свиты) (Попов, 2019). Пещеркинский горизонт отвечает нижнему и среднему фамену и остракодами не охарактеризован. Подонинский горизонт по конодонтам отвечает верхнему фамену (Изох и Андреева, 2013).



3. Седиментология

3.1. Бассейн р. Изылы

Разрез по р. Изылы (с. Вассино Тогучинского района Новосибирской области) представлен изылинской, вассинской и шубкинской свитами (рис. 3).

Изылинская свита подразделяется на три пачки. Нижняя пачка мощностью 26 м (слои 1–7, разрез Б-061; слои 1–8, разрез Б-062) (здесь и далее более дробная разбивка на слои дана для привязки фауны по (Bakharev et al., 2011)) сложена переслаивающимися алевроаргиллитами, аргиллитами, песчанистыми, глинистыми биокалькаренитами, вулканомиктовыми, тефроидными песчаниками, конгломератовидными известняками. Широко распространена градационная, параллельная слойчатость, рябь течения (?), косая слойчатость. Преобладающее падение косых серий слоев по азимуту 330°, простираание валиков ряби — 160°. Появление конгломератовидных известняков связано с палеосейсмическим воздействием на тонко-, среднепереслаивающиеся известковые и известково-глинистые отложения, при котором происходило фрагментирование более уплотненных чисто известковых прослоев без значительного перемещения их обломков. Глинистые прослои, отстающие в уплотнении и начальной литификации, преобразовывались в пластичный, текучий матрикс (Seilacher, 1969; Сараев, 2012). Возникающее конгломератовидное строение отложений возможно только на плоском дне палеобассейна. На склоне переслаивающиеся известковые и глинистые отложения преобразуются в оползневые брекчи со своим отличающимся набором текстурных признаков.

Силикокластика в породах пачки представлена неокатанными и полуокатанными обломками андезитов, фельзитов, плагиоклазов, реже встречаются кварц, биотит, глауконит.

В средней пачке (20 м) (слои 9–13, разрез Б-062) преобладают вулканомиктовые градационнослойчатые песчаники с гальками и гравием андезитов, дацитов, кварца, известняков, силицитов, с редкими прослоями песчаных косослойчатых калькаренитов, градационнослойчатых алевроаргиллитов, брахиоподовых известняков и более редких конгломератовидных известняков (палеосеймитов).

В верхней пачке (32 м) (слой 14, разрез Б-062, слои 1–8, разрез Б-064) наблюдается чередование алевроаргиллитов (преобладают) мелкозернистых вулканомиктовых песчаников и органогеннообломочных известняков.

Вассинская свита подразделяется на две пачки. В нижней (около 5 м) (слой 9, разрез Б-064) преобладают калькарениты с незначительной примесью силикокла-

Рис. 3. Схема сопоставления разрезов среднего и верхнего девона окраин Кузнецкого бассейна с биофациальными построениями (литологические колонки по (Bakharev et al., 2011) с дополнениями). На рисунке приведены фото наиболее важных родов для выделенных острокодовых ассоциаций (остальные рода даны списком)

Горизонты: Пещер. — Пещеркинский горизонт; Подон. — Подонинский горизонт; 1 — массивный известняк; 2 — тонкообломочный известняк; 3 — глинистый известняк; 4 — ракушняковый известняк; 5 — карбонатные конкреции; 6 — конгломерат; 7 — гравелит; 8 — песчаник; 9 — алевролит; 10 — аргиллит; 11 — кремнистые пелеты; 12 — липарит порфиры; 13 — задернованный интервал; 14 — линзы; 15 — интервал распространение ассоциаций; 16 — разломы; 17 — положение ассоциаций в разрезе; 18 — границы между региональными стратиграфическими подразделениями; 19 — эрозионные поверхности

стики (андезиты, базальтоиды, плагиоклазы, более редок кварц вулканического облика). Верхняя пачка (25 м) (слой 1–4, разрез Б-065; слой 1–2, разрез Б-066) сложена темно-серыми, черными иловыми пиритсодержащими известняками с битуминозным запахом, с обилием брахиопод, ругоз, остракод. Алевритовая и песчаная силикокластика отсутствует.

Шубкинская свита в самой нижней части (1 м) (слой 3, разрез Б-066) представлена черными, темно-серыми углеродсодержащими пиритоносными тонкослойчатыми породами с тонкими прослоями биокалькаренитов без алеврито-песчаной силикокластической примеси. Выше вскрывается пачка (20 м) (слой 4–7, разрез Б-066; слой 1–4, разрез Б-068; слой 1–4, разрез Б-069) несортированных биокалькаренитов. Завершается разрез пачкой (видимая мощность 9 м) темно-серых мелкокомковатых биокалькаренитов, кальцрудитов со стустковыми выделениями кремней и появлением перемещенных (?) фрагментов мелких кораллово-строматопоровых биогермов.

3.2. Бассейн р. Яя

Отложения верхнего девона по р. Яя вскрываются в двух разрезах. Разрез на левом берегу в 3.5 км выше бывшего с. Яя-Петропавловское представлен яя-петропавловской свитой (большей ее частью) и сергиевской свитой.

Яя-петропавловская свита представлена двумя пачками. Нижняя (137 м) (слои 1–10, разрез Я-9013) сложена преобладающими вулканомиктовыми разнозернистыми песчаниками с прослоями оползневых известняковых брекчий, песчанистых биокалькаренитов, маломощных ракушняков, алевролитов, алевроаргиллитов. В отдельных участках разреза наблюдаются ячеистая интерференционная рябь волнения, градационная и косая слойчатость. Последняя указывает на юго-западное направление течений. В прослоях калькаренитов встречаются брахиоподы, остракоды, мшанки, криноидеи, кораллы. Часто в остатках кораллов наблюдается пирокластика песчаной размерности, прижизненно внедренная в известковый скелет. В составе песчаников и среди силикокластики, в калькаренитах, встречаются фельзиты, андезиты, кварц, полевые шпаты, туфы, измененное вулканическое стекло, глауконит, редко — базальтоиды, биотит, мусковит, циркон, турмалин, амфиболы, оолитовые зерна. Для отдельных слоев вулканомиктовых песчаников наблюдается довольно резкое изменение в количественном соотношении обломков кислых и средних по составу магматических пород, а также в появлении либо исчезновении базальтоидов. Так, в самой верхней части пачки, в песчаниках, среди обломков начинают резко преобладать андезиты, туфы и базальтоиды, а обломки фельзитов и кварца переходят в разряд второстепенных.

Верхняя часть свиты (44 м) (слои 10–13, разрез Я-9013), относящаяся к среднему франу, сложена чередованием олистостромовых, брекчиево-оползневых известняков, биокалькаренитов, глинистых калькаренитов, известково-алеврито-глинистых пород и аргиллитов. Примесь вулканокластики незначительна (ожелезненные андезиты, полевые шпаты, хлопьевидные ожелезненные частицы, кварц), часто она полностью отсутствует (нижняя часть пачки). Встречается параллельная и градационная слойчатость.

Сергиевская свита (52 м) подразделяется на три пачки. Нижняя (10 м) (слой 14, разрез Я-9013) сложена вулканомиктовыми песчаниками с прослоями аргиллитов алевроаргиллитов и известняков. В песчаниках широко распространена полого-косая и параллельная слоистость. Хорошо сортированные полуокатанные обломки представлены преобладающими — фельзитами, полевыми шпатами, кварцем, второстепенными — ожелезненными андезитами, базальтоидами, измененным вулканическим стеклом, туфами и редкими — глауконитом, рудными минералами. Алевроаргиллиты обладают градационной, параллельной слоистостью.

Средняя пачка (20.5 м) (слой 15, разрез Я-9013) сложена красноцветными отложениями, в самом низу представленными алевроаргиллитами, аргиллитами, алевро-известково-глинистыми конкрециеносными породами. Вверху преобладают красноцветные песчаники, внутриформационные гравелито-конгломераты, гравелиты. Породы несортированные, псефитовые полуокатанные и неокатанные обломки представлены известняками, вулканомиктовыми песчаниками, зелеными и кирпично-красными аргиллитами, полностью ожелезненными вулканитами. В песчаниках наблюдается гигантская плоская косая слоистость с падением косых серий на запад. В составе песчаных обломков преобладают фельзиты, кварц, полевые шпаты, известковый биодетрит, среди второстепенных обломков отмечаются ожелезненные андезиты и базальтоиды, редко встречается биотит.

В верхней пачке (21 м) (слой 15, разрез Я-9013; слой 1, разрез Е-9014) внизу залегают гравелито-конгломераты, переходящие выше в гравелиты, а затем в песчаники с редкими прослоями аргиллитов, алевро-глинисто-известковых пород. В средней части пачки встречен прослой с крупной косой слоистостью с падением косых серий слойков на запад — юго-запад. Неокатанные, реже полуокатанные обломки песчаной размерности представлены фельзитами, полевыми шпатами, кварцем, в отдельных слоях обломками доломитовых пород и второстепенными и редкими обломками — ожелезненными базальтоидами, андезитами, туфами, глауконитом. В гальках и гравийных обломках установлены пелитоморфные известняки, фельзиты, значительно реже встречаются ожелезненные базальтоиды и андезиты, моно- и поликристаллический кварц. В самой верхней части пачки вскрывается еще один, завершающий ритм грубо-крупнозернистых пород, начинающийся конгломерато-гравелитами (2 м) и заканчивающийся вулканомиктовыми песчаниками (6 м). В гальках преобладают фельзиты, яшмы, кварц, в песчаной фракции — фельзиты.

В разрезе «р. Яя — ущелье», описанном на левом берегу реки, в 2 км выше по течению от вышеописанного разреза, в каньонообразной промоине, вскрываются кельбесская, пещеркинская и подонинская свиты.

Кельбесская свита (55 м) подразделяется на две пачки. Нижняя (33 м) (слои 2–7, разрез Е-9014) представлена в нижней части переслаивающимися вулканомиктовыми песчаниками, алевролитами, градационнослоистыми алевроаргиллитами, песчанистыми биокалькаренидами. В песчаниках местами наблюдается градационная слоистость, неокатанные и полуокатанные обломки представлены преобладающими фельзитами, ожелезненными андезитами, кварцем и более редкими — полевыми шпатами и глауконитом. В крупных фрагментах тамнопорид встречается примесь прижизненно включенной алеврито-песчаной пирокластик.

В верхней пачке (22 м) (слои 7–13, разрез Е-9014) преобладают биокалькарениды, биокалькрудиты, брахиоподовые ракушники, реже — биотурбированные

пелитоморфные известняки. Породы иногда градационнослоистые. Примесь кислой и андезитовой вулканокластики распространена неравномерно, в фрагментах тамнопорид встречается примесь прижизненно включенной алеврито-песчаной пирокластики.

Пещеркинская свита представлена пачкой (25 м) (слои 13–16, разрез Е-9014), в которой преобладают глинистые, местами песчанистые известняки с прослоями оползневых известняковых брекчий, известковистых, глинистых алевролитов и градационнослоистых вулканомиктовых песчаников. Полуокатанная и неокатанная вулканокластика в них представлена полевыми шпатами, кварцем, железненными полевыми шпатами, кварцем, железненными андезитами, фельзитами, редко — биотитом.

Подонинская свита по последним данным состоит из двух пачек (Изох и Андреева, 2013). Нижняя пачка (10 м) (слои 17–19, разрез Е-9014) сложена аргиллитами, песчанистыми алевроаргиллитами с редкими тонкими прослоями (1–10 см) обохренных глинистых известняков с обильными брахиоподами. Широко проявлена градационная и параллельная слоистость. Силикокластика представлена полуокатанными обломками железненных вулканитов, кварца и полевых шпатов.

Верхняя пачка представлена в описываемом разрезе самой нижней своей частью (видимая мощность около 30 м) (слои 19–21, разрез Е-9014). Она сложена алевроаргиллитами, алевролитами, тонкозернистыми песчаниками, гидрослюдистыми аргиллитами. Силикокластика представлена неокатанными и полуокатанными обломками железненных вулканитов, кварца, плагиоклазов, более редко — мусковитом и биотитом.

3.3. Соломинский карьер

В Соломинском действующем карьере в г. Топки вскрываются глубокинская и соломинская свиты. В разрезе верхнего уступа карьера **глубокинская свита** (видимая мощность 15 м) представлена верхней своей частью. Она подразделяется на две пачки. Нижняя (видимая мощность 6 м) (слои 1, разрез Б-081) сложена серыми, темно-серыми криноидными биокалькаренитами массивными, неслоистыми с неравномерно развитым иловым известковым цементом, с редкими тонкими прослоями известково-глинистых пород. Палеоосадки накапливались в обстановке склона, что нашло отражение в деформации, слоистости и фрагментации прослоев. Наряду с обломками слойков с четкими границами появляются также стустковые, пятнообразные выделения глинистого материала в калькаренитовом матриксе. Встречаются мелкие брахиоподы и строматопоры, крупные фрагменты последних испытывают деформацию.

Верхняя пачка (9.5 м) (слои 2–3, разрез Б-081) по составу близка подстилающей пачке — также преобладают криноидные калькарениты, но окраска их изменяется на светло-серую, розовато-серую с усилением ее в отдельных прослоях до розовой и вишневой (для известково-глинистых слойков). В отличие от вышеописанной пачки появляются отчетливая слоистость за счет послойного распределения глинистого вещества. Исчезают также признаки оползания. Появляются прослойки калькаренитов с мелкими интракластами розовых пелитоморфных глинистых известняков. Слоистость волнистая, неяснолиновидная с утолщениями и раздувами

чисто известковых прослоев. Вишневая окраска в местах тектонических нарушений изменяется на зеленую в результате процессов оглеения. Фауна представлена строматопорами, мелкими брахиоподами, в самой верхней части встречаются перемещенные ругозы.

Соломинская свита (видимая мощность 23 м) подразделяется на четыре пачки. Нижняя пачка (5 м) (слой 4, разрез Б-081) в самом низу сложена переслаиванием серых, темно-серых биокалькаренитов и табачных листоватых мергелей. Толщина слоев от 0.1 до 0.5 м. Местами наблюдаются признаки седиментационного будинирования известковых прослоев и переходы их в конгломератовидные известняки. Выше залегает прослой около 2 м серых биокалькаренитов, плохо сортированных с несколькими микрослойками (0.3–2 см) мергелей. В верхней части пачки наблюдается переслаивание серых биокалькаренитов, плохо сортированных средне-грубозернистых и табачных мергелей. В одном из слоев калькаренитов (0.3 м) отмечается обилие сетчатых остатков: строматопоры, крупные и мелкие брахиоподы, ругозы, криноидеи, мелкие колонии табулят в прижизненном и опрокинутом положении.

Выше залегает пачка (4 м) (слой 5, разрез Б-081) неупорядоченного переслаивания табачных мергелей (преобладают), биокалькаренитов, биокалькрудитов и более редких конгломератовидных известняков (палеосейсмитов) с разреженными лепешковидными фрагментами калькаренитов и преобладающим известково-глинистым матриксом. Встречаются строматопораты.

Выше расположена пачка (видимая мощность более 3.5 м) (слой 5, разрез Б-081) неслойчатых табачных мергелей с маломощными прослоями конгломератовидных известняков (палеосейсмитов), с преобладанием известково-глинистого матрикса и редкими лепешковидными фрагментами известняков. Конгломератовидные известняки этого уровня хорошо выражены в западной части карьера на расположенных ниже уступах.

Завершает разрез пачка (10 м), сложенная однообразными неяснослоистыми, неслоистыми табачными мергелями с редкими прослоями калькаренитов.

4. Обстановки осадконакопления

Вскрывающиеся в основании общего разреза отложения представлены изылинской свитой **верхнего живета** — **нижнего франа** и яя-петропавловской свитой **нижнего франа**. В них резко преобладают вулканомиктовые песчаники, в качестве сравнительно редких прослоев встречаются известняки, хотя примесь карбонатного материала отмечается и в составе песчаников. Разрез «р. Яя — левый берег» в большей степени насыщен песчаниками, чем разрез по р. Изылы. К общим чертам строения свит относится появление в песчаниках текстурных последовательностей А. Боума, включающих градиационную, параллельную и косую слоистости, что указывает на распространенность среди осадков турбидитов. Направленность турбидных течений отвечает западным румбам. Наряду с этим среди отложений нижнего франа встречаются образования мелких олистостром, оползневых брекчий и своеобразных конгломератовидных известняков — палеосейсмитов. Если первые характерны для обстановок шельфового и материкового склона, то вторые отвечали уже условиям с плоским рельефом палеодна. Палеосейсмиты отсутству-

ют в разрезе «р. Яя» и широко развиты в разрезе «р. Изылы». Учитывая распространение палеосейсмиков, олистостром, оползневых брекчий, турбидитов, ориентировку турбидитных течений и географическое расположение разрезов, можно сделать вывод, что направление материкового палеосклона было ориентировано на запад, юго-запад. При этом в районе р. Изылы, по-видимому, располагалось основание склона (или существовала крупная площадка на материковом склоне), где пространственно близко встречаются оползневые брекчии, олистостромы, турбидиты и палеосейсмиды.

Сравнительно более мелководные нижнефранские отложения разреза по р. Яя были подвержены биотурбации. В разрезе по р. Изылы признаки биотурбации отсутствуют. Изредка встречающийся углефицированный растительный детрит, а также незначительная примесь оолитовых зерен в терригенных отложениях, по-видимому, обусловлены поступлением их с турбидными течениями из прибрежной зоны. Часть турбидитов, возможно, имеет штормовую природу. В разрезе по р. Яя впервые появляются красноцветы — продукт размыва кор выветривания по вулканитам. В обоих изученных разрезах верхнего живета — нижнего франа в составе песчаников и силикатной примеси в известняках в качестве обломков преобладает вулканический материал. Его трудно разделить на собственно пирокластический и вулканомиктовый, возникший при разрушении субсинхронных осадконакоплением вулканических построек. Постоянное присутствие в обломках неокатанных зерен (вплоть до оскольчатых) указывает на заметное участие в осадконакоплении «горячей пирокластики».

Используя петрографические данные, в изученных разрезах полуколичественно оценивалось содержание обломков кислой и средней-основной пирокластики (преобладающие, второстепенные и редкие обломки). Наиболее контрастно это соотношение проявилось в яя-петропавловской свите, по-видимому, вследствие наибольшей близости к вулканическим центрам (см. рис. 2). Так, в самой нижней части первой пачки (в слое мощностью 28 м) песчаная тефра имеет смешанный состав, в слое мощностью 23 м выше наблюдается снизу вверх изменение от преобладания кислой тефры внизу до преобладания обломков андезитов и базальтоидов вверху. В слое мощностью 61 м выше преобладает кислая пирокластика, и, наконец, в верхней части нижней пачки (слой 25 м) наблюдается переход от кислой пирокластики внизу к средней-основной вверху.

В изылинской свите на западе района в разрезе по р. Изылы внизу нижней пачки (6 м) наблюдается смесь тефры кислого и среднего состава, а вверху — преобладание кислой. В средней пачке также преобладает кислая пирокластика, и, наконец, в верхней пачке отмечается смешанный состав (андезиты — фельзиты). Таким образом, в грубых чертах тренд изменения состава в обеих свитах совпадает, хотя в изылинском разрезе, удаленном на 160 км от разреза по р. Яя, степень смешения пирокластики разного состава значительно больше. Явное преобладание продуктов кислого вулканизма по петрографическим данным наблюдается только в средней части разреза нижнего франа.

Особенностью распространения пирокластики является и тот факт, что в разрезе по р. Яя она часто фиксируется прижизненно внедренной в скелет кораллов (захват ее в процессе их роста), чего не наблюдается в разрезе по р. Изылы (возможно, вследствие более редкой встречаемости здесь кораллов).

Средний фран представлен вассинской свитой (разрез «р. Изылы»), глубокинской свитой (разрез «Соломинский карьер», г. Топки). В разрезе «р. Яя — левый берег» к среднему франу отнесена верхняя часть яя-петропавловской свиты и сергиевская свита. Отложения вассинской и глубокинской свит представлены тонкообломочными известняками, в то время как среднефранский разрез по р. Яя имеет сложное строение. В нем в нижней части (верхи яя-петропавловской свиты) наблюдается переслаивание карбонатных и терригенных, терригенно-карбонатных пород, а в верхней половине (сергиевская свита) резко преобладают терригенные отложения с появлением красноцветов и крупнозернистых песчаников, гравелитов, гравелито-конгломератов. Известняки вассинской, глубокинской свит и в меньшей степени карбонатные породы верхней части яя-петропавловской свиты достаточно близки между собой. Это типичные бассейновые иловые осадки, как правило, неслоистые, массивные. Окраска пород часто темно-серая до черной, местами появляется седиментационный пирит. Признаки глубоководности нарастают с востока на запад в сторону р. Изылы. В этом направлении сокращается количество примесного тонкотерригенного материала. В глубокинской свите в разрезе по р. Томь, ниже г. Кемерово (здесь не приведен), только в самой верхней части разреза в качестве примеси возникает глинистый материал, что приводит к появлению градационнослойчатых пород, а также типичных палеосеймитов и оползневых брекчий (Сараев и Ганашилин, 2022). В более восточном разрезе по р. Яя палеосеймиты исчезают, их сменяют оползневые брекчии, мелкие олистостромы, что указывает на господство склоновых фаций. Рельеф седиментационного бассейна на этом этапе унаследует от существовавшего в раннем фране.

В верхней части среднего франа локально появляются своеобразные отложения сергиевской свиты, связанные, по-видимому, с появлением на обширной площадке в пределах склона среди выдержанных бассейновых отложений осадков турбидитового конуса выноса с появлением фаций распределительных турбидных каналов. Характер отложений по простиранию резко изменяется. На смену иловым известнякам приходит чередование разнозернистых песчаников, гравелитов, конгломерато-гравелитов, алероаргиллитов, алеврито-известково-глинистых пород. Нередко образуются грубоградационные пакеты с постепенным переходом снизу вверх от конгломерато-гравелитов через грубозернистые песчаники и алевролиты к аргиллитам. Судя по составу псефитовых обломков в породах сергиевской свиты (за исключением самой верхней ее части) и их слабой окатанности, гравелито-конгломераты относятся к внутрiformационному типу. Обломки представлены песчаниками, известняками, аргиллитами (в том числе и красноцветными), а также неопределимыми сильно ожелезненными вулканитами. Последние, по-видимому, относятся к перемытым базальтоидам и андезитам, так как, кроме ожелезненности, на это косвенно указывает отсутствие кварцевых обломков в конгломерато-гравелитах. В самой верхней части верхней пачки сергиевской свиты (верхние 8 м) состав гравийно-галечных обломков резко изменяется — начинают преобладать фельзиты и связанные с ними яшмы, кварц. Яркой особенностью этого разреза становится появление многочисленных прослоев красноцветов, связанное с размывом кор выветривания по вулканитам на прилегающей суше. По красноцветам на постседиментационной стадии развиваются зоны зеленоцветной окраски (зоны оглеения), к ним привязаны горизонты известковых конкреций.

В среднем фране потоки терригенного материала не изменили своего направления по сравнению с ранним франом, оставаясь в западных, юго-западных румбах, что свидетельствует о стабильности направления континентального склона.

В отложениях вассинской, глубокинской свит и самой верхней части яя-петропавловской свиты вулканическая составляющая практически отсутствует. Незначительная ее примесь представлена редкими обломками базальтоидов и андезитов. Тефра базальтового состава, как правило, имеет преимущественно водное внутрибассейновое распространение, а обломки андезитового состава могли появиться в палеоосадках как в процессе дальнего эолового разноса тонкой пирокластики, так и за счет внутриформационного размыва.

В нижней пачке сергиевской свиты и в самом низу средней ее пачки обломки фельзитов, кварца и полевых шпатов преобладают над андезитами и базальтоидами. В остальной части средней пачки в составе гальки вулканитов преобладают полностью ожелезненные вулканиты, а среди алевроаргиллитов — красноцветы. В песчаниках содержатся полуокатанные и неокатанные обломки наиболее распространенных фельзитов, кварца, полевых шпатов, биотита и только среди второстепенных обломков — ожелезненные базальтоиды, андезиты. В нижней половине верхней пачки среди галек наиболее распространены известняки, широко развиты фельзиты, к второстепенным относятся базальтоиды и андезиты. В песчаниках преобладают неокатанные и полуокатанные фельзиты, кварц и полевые шпаты, второстепенные — ожелезненные базальтоиды и андезиты. В самом верху верхней пачки сергиевской свиты среди вулканокластов как в песчаниках, так и в гравийно-галечной фракции резко преобладают фельзиты, яшмы и кварц. Таким образом, в разрезе сергиевской свиты отмечается снизу вверх нарастающее влияние кислого вулканизма.

Верхний фран представлен шубкинской свитой (разрез «р. Изылы»), соломинской свитой (разрез «Соломинский карьер», г. Топки, а также разрез на р. Томь), кельбесской свитой (разрез «р. Яя — ущелье»). Отложения шубкинской свиты соответствуют обстановкам сравнительно глубоководного бассейна, в самой нижней части отвечающим условиям замедленной седиментации с обогащенностью органическим веществом и появлением седиментационного пирита. Терригенное вещество присутствует только в виде тонкой глинистой фракции. Позднее в бассейн поступал главным образом тонко-, мелкообломочный известковый материал без примеси как песчано-алевритовой, так и глинистой составляющих. В верхней части шубкинской свиты вместе с иловым известковым материалом появляется примесное глинистое вещество. Здесь в одном слое наблюдаются крупные фрагменты кораллово-строматопоровых биогермов (крупнообломочные рудиты?). Не исключено, что их появление обусловлено локальным изменением глубины воды в связи с усложнением рельефа дна бассейна.

В нижней своей части соломинская свита в разрезе на р. Томь содержит переслаивающиеся прослойки как хорошо промытых биокалькаренитов, так и мергелей, аргиллитов. Поскольку эти осадки накапливались в достаточно глубоководной обстановке (по-видимому, на обширной площадке в пределах склона), то широко были распространены конгломератовидные известняки — палеосейсмиты. Им сопутствовали прослойки глинисто-карбонатных турбидитов. В верхней части свиты в отдельных пакетах переслаивания подобного состава появляются брекчиево-

оползневые прослои, свидетельствующие об усилении склоновых процессов. В Соломинском карьере в нижней части свиты широко распространены конгломератовидные известняки с преобладанием в качестве матрикса мергелей, содержащих незначительную примесь тонкого вулканогенного материала. Подобные мергели в основном представлены в верхней части свиты.

В нижней половине кельбесская свита сложена преобладающими песчаниками, а сверху — известняками. В песчаниках местами появляется параллельная, градационная слойчатость (штормовые турбидиты — темпеститы). Градационная слойчатость характерна и для некоторых прослоев калькаренигов в верхней части свиты.

В разрезе верхнего франа по р. Изылы (шубкинская свита) влияние вулканизма на осадконакопление практически не заметно. В отличие от этого в кельбесской свите, на востоке исследуемого района, в песчаниках и в примеси в известняках преобладают неокатанные и полуокатанные обломки фельзитов, кварца, в значительно меньшей степени — андезитов и сильно ожелезненных пород (возможно, базальтоидов). Характерно, что в верхней половине кельбесской свиты обломки вулканических пород относятся только к тонкозернистой фракции и часто обладают значительно более мелким размером по сравнению с карбонатными обломками (эоловый разнос пирокластики). Распределение пирокластики часто бывает крайне неравномерное в соседних прослоях (от отсутствия до 3%). Здесь в крупных фрагментах тамнопорид под микроскопом обнаруживается прижизненное внедрение в скелет тонкозернистой пирокластики.

К **фамену** в разрезе «р. Яя — ущелье» относятся пещеркинская и подонинская свиты. В пещеркинской свите переслаивающиеся известковые и известково-глинистые осадки вследствие расположения их на материковом склоне при палеосейсмических толчках преобразовывались в прослои оползневых брекчий и мелких олистостром. В этом же разрезе встречаются слои штормовых (?) турбидитов.

По р. Яя подонинская свита сложена преобладающими алевроаргиллитами, аргиллитами с редкими прослоями плохо сортированных, плохо промытых обломочных известняков. Отложения относятся к шлейфовому склоновому типу.

В пещеркинской свите в разрезе «р. Яя — ущелье» содержание примеси обломков вулканических пород сравнительно стабильное. Наряду с кварцем и полевыми шпатами присутствуют фельзиты и обломки неопределимых ожелезненных вулканических пород (базальтоидов, андезитов?).

В подонинской свите силикокластика представлена неокатанными и полуокатанными обломками сильно ожелезненных вулканических пород, а также кварца, плагиоклаза и более редких — мусковита и биотита.

Впервые о значительном влиянии вулканизма на осадконакопление в Кузнецком прогибе в позднем девоне стало известно из работы А. В. Вана (Ван, 1969). Ранее предполагалось, что эксплозивно-эффузивный тип извержений здесь был сравнительно широко развит только в раннем и среднем девоне. Этот вывод повторяется даже в более поздних работах (Елкин и др., 1994). А. В. Ваном, изучавшим в первую очередь разрезы позднего девона юго-восточных и южных районов Кузнецкого прогиба, показано, что в это время были развиты главным образом продукты эксплозивного вулканизма и распространены они по территории Кузнецкого прогиба неравномерно. Наибольшее распространение пирокластический

материал получил на юге (разрез по р. Кондома) и на востоке (р. Томь у д. Симоново). Палеовулканы располагались за пределами Кузнецкого прогиба, на востоке — на территории Кузнецкого Алатау и на юге — в Горной Шории. В связи с этим из-за удаленности изученных нами северных разрезов Кузнецкого прогиба пирокластическая примесь в осадках становится более тонкой по размерам.

Более поздние работы, посвященные вулканизму на границе живета и франа, относятся к сопредельной с прогибом Колывань-Томской складчатой зоне (Жимулев и др., 2018; Zhimulev et al., 2019).

5. Биофациальное распределение ассоциаций средне- и позднедевонских остракод

Биофациальный анализ проводился на основе данных, полученных в результате количественного подсчета раковин остракод на родовом уровне. На основе вариаций количественного состава и фациальных особенностей вмещающих толщ удалось наметить ряд ассоциаций остракод из разрезов трех структурно-фациальных подрайонов окраин Кузнецкого бассейна (см. рис. 3). Анализировалась динамика таксономического разнообразия остракод из разных частей бассейна с целью выявления наиболее резких уровней изменений сообществ.

В позднеживетское время ассоциации остракод выделены только в разрезе западной окраины Кузнецкого бассейна в бассейне р. Изылы (см. рис. 1). Исследуемый район располагался в удаленной части от палеоберега в глубоководной части бассейна (см. рис. 2). На начальном этапе ассоциация *Bairdia* — *Bairdiocypris* — *Coeloenellina* характеризуется резким доминированием рода *Bairdia* (65%), позднее прослеживается появление субдоминант *Bairdiocypris* (30%) и *Coeloenellina* (22%). Выше род *Bairdia* (39%) по-прежнему является характерной доминантой. Особенность этой ассоциации — наличие нескульптурированных раковин. Выделенный ориктоценоз остракод наиболее характерен для глинистых биокалькаринитов (изылинская свита). По литофациальной характеристике биофация приурочена к калькаренитовым турбидитам с примесью силикокластики (см. рис. 2). В конце живета наблюдается смена таксономического состава и доминирующих таксонов. В ассоциации отсутствуют ярко выраженные доминанты: *Knoxiella*, *Kozlovskiella*, *Fabalicypis*, *Phlyctiscapha* — все они имеют равное процентное соотношение по 19%, а представители рода *Bairdia* (12%) утратили свои позиции. Выше по разрезу происходит изменение представительности: *Knoxiella* (55%), *Bairdia* (24%), *Kozlovskiella* (11%). На основании этих данных можно выделить ассоциацию *Knoxiella* — *Bairdia* — *Kozlovskiella*. Следует отметить, что в отличие от предыдущей ассоциации здесь доминируют остракоды, имеющие ячеисто-ребристую поверхность. Ориктоценоз остракод приурочен к косослойчатым калькаренитам, брахиоподовым известнякам и к глинисто-известковому матриксу конгломератовидных известняков (изылинская свита) (см. рис. 2).

Для раннефранского времени рассмотрена ассоциация остракод на северо-востоке окраины Кузнецкого бассейна в районе р. Яя. Разрез располагался ближе всех к палеоберегу (см. рис. 2). Отмечается, что *Bairdia* (19%) и *Diphyochilina* (50%) являются доминирующими родами. На основании этого выделена ассоциация *Diphyochilina* — *Bairdia*. Особенностью ассоциации являются как гладкие рако-

вины, так и раковины, имеющие косые ребра. Изученный ориктоценоз приурочен к чередованию песчанистых биокалькаренитов и ракушняков (яя-петропавловская свита), принадлежащих к шлейфовым фациям континентального склона.

В среднем фране на северо-востоке окраины Кузнецкого бассейна доминантами являются три рода: *Bairdia* (31%), *Moorites* (31%) и *Knoxiella* (23%). Характерная ассоциация — *Moorites* — *Bairdia* — *Knoxiella*. Особенностью этой ассоциации стало наличие как гладких раковин, так и раковин с мелко-тонкосетчатой и ячеисто-ребристой поверхностью. Изученный ориктоценоз наиболее характерен для биокалькаренитов, глинистых калькаренитов, известково-алевроитоглинистых пород и аргиллитов (яя-петропавловская свита), относящихся к бассейновым фациям (см. рис. 2).

На среднефранском этапе в западной части Кузнецкого бассейна прослежена ассоциация *Amphissites* — *Bairdia* с низким таксономическим разнообразием: *Bairdia* (16%), *Amphissites* (76%) и *Knoxiella* (8%). Специфичность ассоциации заключается в том, что имеются как гладкие раковины, так и раковины с ячеистой скульптурой. Характерные породы для ориктоценоза — калькарениты с незначительной примесью силикокластики (вассинская свита).

С конца среднего франа по поздний фран в западной части Кузнецкого бассейна выделена ассоциация *Bairdia* — *Uchtovia* — *Microcheilinella*. Доминирует в ассоциации род *Bairdia* (30–47%), субдоминантами являются *Uchtovia* (24–27%), *Microcheilinella* (9–19%) и *Bairdiocypris* (13%) (встречен только в нижней части, отложений, охарактеризованных ассоциацией остракод). Особенностью ассоциации является преобладание гладкораковинных форм. Изученный ориктоценоз наиболее характерен для темно-серых, черных иловых пиритсодержащих известняков с битуминозным запахом, с обилием брахиопод, ругоз и мелкообломочных известняков (верхняя часть вассинской и шубкинской свиты). По литофации данная ассоциация относится к бассейновому типу (см. рис. 2).

В то же время в центральной части окраины Кузнецкого бассейна прослеживается ассоциация *Bairdia* — *Bairdiocypris*. Доминирующим родом является *Bairdia* (50–62%), субдоминантом — *Bairdiocypris* (25–38%). Раковины имеют гладкую поверхность. Для ориктоценоза остракод характерны криноидные калькарениты с послойной примесью глинистого вещества, чередующиеся пелитоморфными глинистыми известняками (глубокинская и низы соломинской свит). Гидродинамика придонной обстановки в бассейне менялась от спокойной до появления слабых течений (см. рис. 2). Обломочный карбонатный материал поступал из зоны барьерного рифа.

Для позднего франа в этом регионе удалось наметить ассоциацию *Amphissites* — *Hollinella* с характерными родами *Hollinella* (21%) и *Amphissites* (36%). Особенностью ассоциации являются формы с мелкобугорчатой и ячеистой поверхностью, а также створки с наличием срединного бугра. Характерные породы ориктоценоза — биокалькарениты с прослоями мергелей, в верхней части разреза прослеживается переливание биокалькаренитов, биокалькрудитов и более редких конгломератовидных известняков (палеосейсмитов) (соломинская свита). Данный набор пород свидетельствует об изменчивости гидродинамики среды (см. рис. 2).

В то же время в северо-восточной части Кузнецкого бассейна встречена таксономически обедненная ассоциация остракод *Hollinella* — *Serenida*, состоящая

из двух родов: *Serenida* (33 %) и *Hollinella* (77 %). Особенностью данной ассоциации являются формы с мелкобугорчатой поверхностью и наличием ребер. Изученный ориктоценоз представлен биотурбированными биокалькаренидами, биокалькрудитами, брахиоподовыми ракушняками, реже — биотурбированными пелитоморфными известняками (кельбесская свита).

Раннефаменский этап прослеживается в районе северо-западной окраины Кузнецкого бассейна и остракодами не охарактеризован. В позднефаменское время выделена бедная ассоциация *Moorites* — *Cryptophyllus*, состоящая из двух таксонов. Раковины ассоциации гладкие и с мелко-тонкосетчатой поверхностью. Характерными породами, в которых встречен ориктоценоз, являются глинистые известняки с обильными брахиоподами (см. рис. 2).

Необходимо также отметить влияние вулканизма на состав остракодовых ассоциаций. В момент распространения пирокластики в породе, на этапе «поздний живет — ранний фран», происходит постепенное уменьшение таксономического состава остракод и обеднение ассоциаций, также преобладают формы с ярко выраженными морфологическими элементами (*Knoxiella*, *Kozlowskiella*, *Fabalicypriis*, *Marginia*). В момент большого преобладания пирокластики остракоды и вовсе отсутствуют, так в районе р. Изылы нижний фран остракодами не представлен, как и в самых низах, в разрезах на р. Яя. Выше по разрезу на р. Яя остракодовые ассоциации распространены в момент сокращения пирокластического материала и представлены широким таксономическим разнообразием. В момент преобладания пирокластического материала прослеживается сокращение ассоциаций, начинается развитие форм с развитой раковиной (*Moorites*, *Knoxiella*, *Diphyochilina*). Выше, в разрезах на р. Изылы (вассинская и шубкинская свиты), Соломинском карьере (глубокинская и соломинская свиты) и самой верхней части яя-петропавловской свиты вулканическая составляющая практически отсутствует и на данном этапе происходит расцвет ассоциаций остракод. Проследить влияние в сергеевской, кельбесской, пещеркинской, подонинской свитах на ассоциации остракод не удается из-за малого количества материала.

6. Влияние трансгрессивно-регрессивных циклов на ассоциации остракод

Исследования палеогеографии и геодинамики девона Е. А. Елкиным с соавторами показали, что Алтае-Саянская складчатая область была окраиной Сибирского континента с широким шельфом (Yolkin et al., 1997). В результате проведенного литогеодинамического анализа установлено, что изученные разрезы (и весь исследуемый регион) следует относить к активной континентальной окраине Сибирского континента. Поэтому региональные палеогеодинамические процессы, возможно, могут влиять на местные отклонения от мировой трансгрессивно-регрессивной (Т-Р) кривой (Johnson et al., 1985; Johnson and Klapper, 1992).

Девонские эвстатические колебания фиксируются в регионе циклической последовательностью. Ранее Е. А. Елкиным с коллегами была предложена полная шкала трансгрессивно-регрессивных (Т-Р) циклов для девона Алтае-Саянской складчатой области. Она включает девять хорошо наблюдаемых циклов, некоторые из которых разделены на подциклы. Последовательность данных циклов имеет

регулярные закономерности. Исследования затрагивают период с 6-го по 9-й цикл (Yolkin et al., 1997).

В результате биофациального анализа остракод удалось проследить влияние Т-Р циклов на ассоциации остракод и установить ряд закономерностей. В зависимости от изменения фациальных обстановок и вариаций трансгрессивно-регрессивных циклов прослежены изменения остракодовых ассоциаций.

В позднеживетское время отмечается крупнейшая трансгрессия (цикл 6) для всего девона юго-востока Западной Сибири (Yolkin et al., 1997) и установлена ассоциация *Bairdia* — *Bairdiocypris* — *Coeloenellina*. В конце живета на начальном этапе регрессии (цикл 6) наблюдается смена таксономического состава и доминирующих таксонов. По мере развития регрессии и в момент наибольшей регрессии цикла 6 выделена ассоциация *Knoxiella* — *Bairdia* — *Kozlowskiella*.

Раннефранский этап ознаменовался началом трансгрессии (цикл 7), которая продолжается до среднего франа. На данном этапе прослеживается ассоциация *Diphyochilia* — *Bairdia* в разрезе по р. Яя. В среднем фране во время трансгрессии в том же районе выделена ассоциация *Moorites* — *Knoxiella* — *Bairdia*. Этот же этап в разрезе по р. Изылы характеризуется низким таксономическим разнообразием и ассоциацией *Amphissites* — *Bairdia*, с конца среднего франа по поздний фран (верхняя часть подцикла 7а) — ассоциацией *Bairdia* — *Uchtovia* — *Microcheilinella*. В этом же подцикле в разрезе Соломинского карьера в момент регрессии прослеживается ассоциация *Bairdia* — *Bairdiocypris*.

Для трансгрессивного этапа с регрессией (подцикла 7b) в конце позднего франа характерными ассоциациями остракод являются: *Amphissites* — *Hollinella* (разрез Соломинский карьер) и *Hollinella* — *Serenida* (разрез по р. Яя).

Раннефаменский этап характеризуется началом небольшой трансгрессии и началом регрессии (подцикл 8а), здесь остракоды не найдены, как и в аналогичной ситуации выше по разрезу (подцикл 8b). А вот в позднефаменское время на этапе начала трансгрессии (цикл 9) определена ассоциация остракод *Moorites* — *Crypthyllus*, которая прослеживается в районе р. Яя (рис. 3).

Отмечена тенденция, в которой род *Bairdia* преобладает в общем количественном составе во время развития и на пике трансгрессивных фаз, но в момент регрессии он утрачивает свое количественное доминирование. В целом представители этого рода являются характерными во всех ассоциациях для каждой части бассейна. Расцвет рода *Knoxiella* приурочен к регрессивным и началу трансгрессивных фаз. Данный род является доминантным или субдоминантным во время регрессивных фаз, а в момент начала трансгрессивно-регрессивных циклов наблюдается общий рост количественного состава и изменение структуры ассоциации.

Стоит отметить также, что одной из особенностей выделенных ассоциаций является характер скульптурированности раковин и появление дополнительных морфологических элементов (бугров, ребер, шипов). В позднеживетское время прослеживаются ассоциации, имеющие гладкую поверхность на момент крупнейшего трансгрессивного этапа, а в момент регрессивного — ячеисто-ребристую поверхность. На раннефранском этапе, в момент начала трансгрессии, встречаются ассоциации как с гладкой раковиной, так и с раковинами, имеющими косые ребра. Среднефранская ассоциация включает формы как с гладкой раковиной, так и

с ячеистой скульптурой. Для позднефранского этапа в момент начала регрессивной фазы Т-Р цикла прослеживаются ассоциации остракод с мелкобугорчатой и ячеистой поверхностью, а также наличием у всех створок отчетливого бугра. На регрессивном этапе Т-Р цикла в позднем фамене наблюдаются экземпляры, имеющие как гладкие формы, так и формы с мелко-тонкосетчатой поверхностью.

Из этого можно сделать вывод, что в момент смены трансгрессивно-регрессивных циклов происходит изменение абиотических условий, влияющих на характер раковин остракод. Для продолжительных трансгрессивных фаз характерны гладкие формы, а для регрессивных — формы с дополнительными морфологическими элементами. На момент трансгрессий второго порядка ассоциации остракод имеют как гладкие, так и скульптурированные формы.

7. Заключение

При изучении позднедевонского седиментационного бассейна на территории окраин Кузнецкого бассейна использован комплексный подход с применением детального седиментационного изучения опорных разрезов и анализа биофациального распределения остракод. Основные результаты этих исследований сводятся к следующему.

1. В составе верхнедевонских образований преобладал склоновый и бассейновый тип отложений, представленный преобладающими тонко-, мелкозернистыми биокластическими карбонатными породами с примесью глинистого вещества и силикокластики, вулканомиктовыми, тефроидными песчаниками, алевролитами и алевроаргиллитами с широким распространением терригенно-карбонатных турбидитов, более редких турбидитовых каналитов, оползневых олистостромовых брекчий, а в области бассейновой равнины своеобразных конгломератовидных известняков — карбонатно-глинистых палеосейсмитов.

2. В составе вулканокластики и примесной пирокластики преобладал андезитовый материал при меньшей распространенности кислой и основной пирокластики. От живета — нижнего франа к фамену происходило постепенное увеличение присутствия в осадках кислого вулканического материала. Вместе с тем в позднем девоне на территории севера Кузнецкого прогиба существовали периоды практически полного прекращения вулканической деятельности, зафиксированные отсутствием пирокластической примеси в отдельных частях карбонатного разреза. Прямым свидетельством примеси пирокластики, синхронной осадконакоплению, является присутствие в виде прижизненных вростков оскольчатых ее обломков в скелетах кораллов.

3. В общих чертах в позднем девоне реконструированы обстановки шельфа Сибирского континента и его континентального склона (до начала континентального подножия включительно). Погружение склона — западное (в современных координатах), реконструирована геодинамическая обстановка активной континентальной окраины в течение живета — фамена.

4. Анализ особенностей биофациального распределения остракод окраин Кузнецкого бассейна позволил выделить характерные ассоциации (10 ассоциаций) и установить их приуроченность к определенным частям бассейна с позднеживетского по позднефаменское время.

5. Прослежено влияние вулканизма на состав остракодовых ассоциаций. Появление пирокластики в породах уменьшает таксономическое разнообразие остракодовых ассоциаций и их количественный состав. Увеличение пирокластики приводит к преобладанию форм с ярко выраженными морфологическими элементами (борозды, бугры).

6. Вариации таксономического состава ассоциаций остракод хорошо коррелируются с трендами трансгрессивно-регрессивных циклов. Прослежена тенденция, в которой род *Bairdia* является доминантным во время развития и на пике трансгрессии. В целом представители этого рода являются характерными для всех ассоциаций разных частей бассейна. Расцвет рода *Knoxiella* приурочен к регрессивным и началу трансгрессивных фаз. Данный род является доминантным или субдоминантным во время регрессивной фазы, а также преобладает в момент начала трансгрессивно-регрессивных циклов.

7. В ходе трансгрессивно-регрессивного цикла происходит смена абиотических условий, влияющих на характер раковин остракод. Для больших трансгрессивных фаз характерны гладкие формы, а для регрессивных фаз — формы с дополнительными морфологическими элементами.

Благодарности

Авторы выражают благодарность за предоставленный материал, ценные советы и помощь в написании статьи заведующему лабораторией микропалеонтологии ИНГГ СО РАН, чл.-корр. РАН, д-ру геол.-минерал. наук Б. Л. Никитенко и канд. геол.-минерал. наук Н. Г. Изох.

Литература

- Бахарев, Н. К. (2008). Остракоды девона Салаира и Кузбасса. *Новости палеонтологии и стратиграфии. Приложение к журналу «Геология и геофизика»*, 10–11, 85–86.
- Ван, А. В. (1969). Верхнедевонские вулканокластические породы Кузнецкого прогиба. В: *Продукты эксплозивного вулканизма в осадочных толщах Сибири*. Новосибирск: СНИИГиМС, 28–48.
- Геологическая карта СССР, м-б 1:1 000 000 (новая серия)* (1987). Лист N-(44), 45. Ленинград: Мин-во геологии СССР, ВСЕГЕИ.
- Дубатовол, В. Н. и Краснов, В. И. (2000а). Палеоландшафты среднедевонских и франских морей Сибири. *Стратиграфия. Геологическая корреляция*, 8 (6), 34–58.
- Дубатовол, В. Н. и Краснов, В. И. (2000б). Фаменский этап в эволюции географических обстановок сибирских морей. *Геология и геофизика*, 41 (2), 239–254.
- Дубатовол, В. Н. и Краснов, В. И. (2011). *Палеоландшафты азиатской части России в среднем палеозое*. Новосибирск: СНИИГиМС.
- Елкин, Е. А., Сенников, Н. В., Буслов, М. М., Языков, А. Ю., Грацианова, Р. Т., Бахарев Н. К. (1994). Палеогеографические реконструкции западной части Алтае-Саянской области в ордовике, силуре и девоне и их геодинамическая интерпретация. *Геология и геофизика*, 35 (7–8), 118–143.
- Елкин, Е. А., Бахарев, Н. К., Изох, Н. Г., Кирда, Н. П., Клец, А. Г., Конторович, В. А. Обут, О. Т., Тимохина, И. Г. (2003). Палеогеографические обстановки в позднем девоне на территории Западно-Сибирской равнины и ее горного обрамления. *Геология и геофизика*, 44 (1–2), 172–182.
- Елкин, Е. А., Конторович, А. Э., Бахарев, Н. К., Беляев, С. Ю., Варламов, А. И., Изох, Н. Г., Каныгин, А. В., Каштанов, В. А., Кирда, Н. П., Клец, А. Г., Конторович, В. А., Краснов, В. И., Кристин, В. А., Моисеев, С. А., Обут, О. Т., Сараев, С. В., Сенников, Н. В., Тищенко, В. М., Филиппов, Ю. Ф., Хоменко, А. В., Хромых, В. Г. (2007). Палеозойские фациальные мегазоны в структуре фундамента Западно-Сибирской геосинеклизы. *Геология и геофизика*, 48 (6), 633–650.

- Жимулев, Ф. И., Гиллеспи, Д., Глорие, С., Котляров, А. В., Ветров, Е. В., де Граве, Й. (2018). Возраст и палеотектоническая обстановка девонского вулканизма Кольвань-Томской складчатой зоны по данным датирования детритовых цирконов митрофановской свиты. *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*, 3, 13–24.
- Изох, Н. Г. и Андреева, Е. С. (2013). Конодонты зоны *Siphonodella praesulcata* в разрезах верхнего девона северо-восточной окраины Кузнецкого бассейна. В: *Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр., 15–26 апреля 2013 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология»: сб. материалов в 3 т., 1, 120–122.*
- Наливкин Д. В., под ред. (1973). *Стратиграфия СССР. Девонская система. В 2 кн.* М.: Недра.
- Попов, Б. М. (2019). Биостратиграфические данные по остракодам из опорных разрезов среднего и верхнего девона окраин Кузнецкого бассейна (юго-восток Западной Сибири). *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*, 2 (38), 3–15.
- Попов, Б. М. (2021). Биостратиграфическое значение остракод верхнего девона северо-западной части окраины Кузнецкого бассейна (р. Томь, юго-восток Западной Сибири). *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*, 4 (48), 12–23.
- Решение Всесоюзного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем докембрия, палеозоя и четвертичной системы Средней Сибири* (1982). Новосибирск: СНИИГГиМС.
- Сараев, С. В. (2012). Палеосейсмиты в обстановках карбонатной седиментации. В: *Материалы Всероссийского литологического совещания (25–29 сентября 2012 г.)*, 1, 247–249.
- Сараев, С. В. и Ганашилин, А. С. (2022). Седиментология и геохимия верхнедевонских отложений юго-восточного обрамления Западно-Сибирской геосинеклизы. *Геология и геофизика*, 63 (5), 655–672.
- Юрина, А. Л., Орлова, О. А., Раскатова, М. Г. (2016). О возрасте изылинской свиты (западная окраина Кузнецкого бассейна) по палеоботаническим данным (макрофлоре и миоспорам). В: *Общая стратиграфическая шкала и методические проблемы разработки региональных стратиграфических шкал России*, 190–192.
- Язиков, А. Ю., Бахарев, Н. К., Изох, Н. Г., Сараев, С. В., Родина, О. А., Щербаненко, Т. А. (2013). Био- и литостратиграфическая характеристика изылинского горизонта (девон, западная окраина Кузнецкого бассейна). *Региональная стратиграфия позднего докембрия и палеозоя Сибири*, 146–155.
- Язиков, А. Ю., Бахарев, Н. К., Изох, Н. Г., Щербаненко, Т. А. (2012). Брахиоподы, остракоды и конодонты изылинского горизонта (верхний девон окраин Кузнецкого бассейна). В: *Интерэкспо Гео-Сибирь-2012: VIII Международная конференция «Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых» (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.)*, 47–50.
- Bakharev, N. K., Izokh, N. G., Obut, O. T., Talent J. A., eds (2011). Middle-Upper Devonian and Lower Carboniferous biostratigraphy of the Kuznetsk Basin: Field Excursion Guidebook. *Intern. conf. "Biostratigraphy, paleogeography and events in Devonian and Lower Carboniferous"*. Novosibirsk: SB RAS Press.
- Johnson, J. G., Klapper, G., Sanberg, C. A. (1985). Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. *Geological Society of America Bulletin*, 96, 567–587.
- Johnson, J. G. and Klapper, G. (1992). North American Midcontinent Devonian T-R Cycles. In: *Special Papers in Paleontology and Stratigraphy: A tribute to Thomas W. Amsden*, 127–135.
- Seilacher, A. (1969). Fault-graded beds interpreted as seismites. *Sedimentology*, 13, 155–159.
- Yazikov, A. Y., Izokh, N. G., Shcherbanenko, T. A. (2011). Brachiopods and conodonts from the Frasnian/Famennian boundary strata in the Upper Devonian Yaya section (North-Western margin of the Kuznetsk Basin, Barzas Region). In: *Biostratigraphy, paleogeography and events in Devonian and Lower Carboniferous (SDS/IGCP 596 joint field meeting): Contributions of International Conference in memory of Evgeny A. Yolkin. Ufa, Novosibirsk July 20 — August 10 2011*, 169–172.
- Yazikov, A. Y. and Shcherbanenko, T. A. (2011). Brachiopods from Upper Devonian sections along the Yaya River (North-East margin of the Kuznetsk Basin, Barzas region). In: *Biostratigraphy, paleogeography and events in Devonian and Lower Carboniferous (SDS/IGCP 596 joint field meeting): Contributions of International Conference in memory of Evgeny A. Yolkin. Ufa, Novosibirsk July 20 — August 10 2011*, 173–179.

- Yolkin, E. A., Gratsianova, R. T., Bakharev, N. K., Izokh, N. G., Yazikov, A. Y. (1997). Devonian sea-level fluctuations on the South-Western margin of the Siberian continent. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 199, 83–98.
- Yolkin, E. A., Gratsianova, R. T., Izokh, N. G., Yazikov, A. Y., Bakharev, N. K., Alekseeva, R. E., Erina, M. V., Kim, A. I., Shishkina, G. R. (2000). Devonian standard boundaries within the shelf belt of the Siberian Old Continent (southern part of western Siberia, Mongolia, Russian Far East) and in the South Tien Shan. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 225, 303–318.
- Zhimulev, F. I., Gillespie, J., Glorie, S., Jepson, G., Vetrov, E. V., De Grave, J. (2019). Tectonic history of the Kolyvan–Tomsk folded zone (KTFZ), Russia: Insight from zircon U/Pb geochronology and Nd isotopes. *Geological Journal*, 1–18.

Статья поступила в редакцию 23 мая 2022 г.
Статья рекомендована к печати 9 января 2023 г.

Контактная информация:

Попов Борис Михайлович — popovbm@ipgg.sbras.ru
Сараев Станислав Викторович — saraevsv@ipgg.sbras.ru
Ганашилин Александр Сергеевич — ganashilinas@ipgg.sbras.ru

Upper Devonian environments and ostracods biofacies of the Kuznetsk Basin*

B. M. Popov, S. V. Saraev, A. S. Ganashilin

A. A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
3, pr. Akademika Koptuyuga, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

For citation: Popov, B. M., Saraev, S. V., Ganashilin, A. S. (2023). Upper Devonian environments and ostracods biofacies of the Kuznetsk Basin. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 68 (1), 171–195. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2023.110> (In Russian)

The volcanogenic-carbonate-terrigenous Upper Devonian complex of deposits of the margin of the Kuznetsk Basin has been studied. The results of the studying of sedimentological processes, the composition of sedimentary rocks, the specifics of the petrographic composition of impurity pyroclastic material, make it possible to reconstruct the sedimentation conditions here in the Late Devonian. The predominance as an impurity and sometimes as the main component in sedimentary rocks of andesitic fine pyroclastics with a lower value of acidic and basic volcanic components has been established. From the Late Givetian — Early Frasnian to Famennian, an uneven increase in the content of acid pyroclastics occurs in the rocks. The studied sections relate to the vast shelf and continental slope of the Siberian paleocontinent. The western direction of the paleoslope is determined. The studied sediments belong to the slope and basin type, they are represented by fine-grained tephroid and volcanomictic sandstones, fine-detrital limestones, olistostromes and slope landslide breccias, turbidites and rarer turbidite canalites, peculiar “conglomerate limestones” (paleoseismites). The composition of pyroclastics and volcanoclastics in sedimentary rocks indicates the manifestation of andesitic volcanism synchronously with sedimentation and the existence of paleogeodynamic conditions corresponding to the active continental margin possibly of the Andean type in the Late

* The sedimentological part of the work was carried out within the framework of scientific topics: FWZZ-2022-0007 and FWZZ-2022-0005 of the State Program of the Basic Scientific Research. The paleontological-stratigraphic part and biofacies analysis of ostracods were carried out within the framework of the Russian Science Foundation, project no. 22-27-00703.

Devonian in the studied area. Based on the data obtained as a result of quantitative calculation of the generic composition of the ostracod associations from the studied sections of the Middle (upper part) and Upper Devonian within three structural-facies subdistricts of the margin of the Kuznetsk Basin, the analysis of ostracods was carried out. The features of the biofacial distribution of ostracods allowed us to identify 10 associations and establish their matching with certain parts of the basin from the Late Givetian to the Late Famennian time. The influence of volcanism on the composition of ostracod associations is traced, the appearance of pyroclastics in rocks reduces the taxonomic diversity of ostracod associations and quantitative composition. Variations in the taxonomic composition of ostracod associations correlate well with trends in T-R cycles, the genus is *Bairdia* is dominant during transgression.

Keywords: Ostracods, biofacial analysis, sedimentology, sedimentation environments, Devonian system, Givetian tier, Frasnian tier, Famennian tier, Kuznetsk Basin.

References

- Bakharev, N. K. (2008). Ostracods of Devon Salair and Kuzbass. *Novosti paleontologii i stratigrafii. Prilozhenie k zhurnalu "Geologiya i geofizika"*, 10–11, 85–86. (In Russian)
- Bakharev, N. K., Izokh, N. G., Obut, O. T., Talent, J. A., eds (2011). *Middle-Upper Devonian and Lower Carboniferous biostratigraphy of the Kuznetsk Basin: Field Excursion Guidebook. Intern. conf. "Biostratigraphy, paleogeography and events in Devonian and Lower Carboniferous"* Novosibirsk: SB RAS Press.
- Dubatolov, V. N. and Krasnov, V. I. (2000a). Paleolandscapes of the Middle Devonian and Frasnian seas of Siberia. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 8 (6), 34–58. (In Russian)
- Dubatolov, V. N. and Krasnov, V. I. (2000b). Evolution of geographic settings of Siberian seas in the Famennian. *Geologiya i geofizika*, 41 (2), 239–254. (In Russian)
- Dubatolov, V. N. and Krasnov, V. I. (2011). Paleolandscapes of the Asian part of Russia in the Middle Paleozoic. Novosibirsk: SNIIGGiMS Publ. (In Russian)
- Geological Map of the USSR, Scale of 1:1 000 000* (1987). Sheet N-(44), 45. Leningrad: Min-vo geologii USSR, VSEGEI Publ. (In Russian)
- Izokh, N. G. and Andreeva, E. S. (2013). Upper Devonian conodonts *Siphonodella praesulcata* zone in the north-east margin of the Kuznetsk Basin. In: *Interesko GEO-Sibir' 2013. IX Mezhdunar. nauch. congr., 15–26 aprilia 2013 g., Novosibirsk: Mezhdunar. nauch. conf. "Nedropol'zovanie. Gornoe delo. Noveye napravleniia i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh"*, 1, 120–122. (In Russian)
- Johnson, J. G. and Klapper, G. (1992). North American Midcontinent Devonian T-R Cycles. In: *Special Papers in Paleontology and Stratigraphy: A tribute to Thomas W. Amsden*, 127–135.
- Johnson, J. G., Klapper, G., Sanberg, C. A. (1985). Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. *Geological Society of America Bulletin*, 96, 567–587.
- Nalivkin D. V., ed. (1973). *Stratigraphy of the USSR. Devonian System. In 2 books.* Moscow: Nedra Publ. (In Russian)
- Popov, B. M. (2019). Biostratigraphic data on ostracodes from reference sections of the Middle and Upper Devonian of the Kuznetsk Basin Margins (south-east of West Siberia). *Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2 (38), 3–15. (In Russian)
- Popov, B. M. (2021). Biostratigraphic significance of ostracods from the Upper Devonian of the Northwestern Kuznetsk Basin (Tom river, south east of West Siberia). *Geology and Mineral Resources of Siberia*, 4 (48), 12–23. (In Russian)
- Reshenie Vsesoiuznogo soveshchaniia po razrabotke unifitsirovannykh stratigraficheskikh skhem dokembrii, paleozoiia i chetvertichnoi sistemy Srednei Sibiri* (1982). Novosibirsk: SNIIGGiMS Publ. (In Russian)
- Saraev, S. V. (2012). Paleoseismites in carbonate sedimentation environments. *Materialy Vserossiiskogo litologicheskogo soveshchaniia (25–29 sentiabria 2012 g.)*, 1, 247–249. (In Russian)
- Saraev, S. V. and Ganashilin, A. S. (2022). Sedimentology and geochemistry of Upper Devonian deposits in the southeastern framework of the West Siberian geosyncline. *Geologiya i geofizika*, 63 (5), 543–557.
- Seilacher, A. (1969). Fault-graded beds interpreted as seismites. *Sedimentology*, 13, 155–159.
- Van, A. V. (1969). Upper Devonian volcanoclastic rocks of the Kuznetsk trough. In: *Products of Explosive Volcanism in the Sedimentary Strata of Siberia.* Novosibirsk: SNIIGGiMS Publ., 28–48. (In Russian)

- Yazikov, A. Y. and Shcherbanenko, T. A. (2011). Brachiopods from Upper Devonian sections along the Yaya River (North-East margin of the Kuznetsk Basin, Barzas region). In: *Biostratigraphy, paleogeography and events in Devonian and Lower Carboniferous (SDS/IGCP 596 joint field meeting): Contributions of International Conference in memory of Evgeny A. Yolkin. Ufa, Novosibirsk July 20 — August 10 2011*, 173–179.
- Yazikov, A. Y., Bakharev, N. K., Izokh, N. G., Saraev, S. V., Rodina, O. A., Shcherbanenko, T. A. (2013). Bio- and lithostratigraphic data of the Izyly horizon (Devonian, west margin of the Kuznetsk Basin). In: *Regional'naya stratigrafiya pozdnego dokembriia i paleozoiia Sibiri*, 146–155. (In Russian)
- Yazikov, A. Y., Bakharev, N. K., Izokh, N. G., Shcherbanenko, T. A. (2012). Brachiopods, ostracods and conodonts from the Izyly horizon (Upper Devonian, Kuznetsk Basin). *Interesko Geo-Sibir'-2012: VIII Mezhdunarodnaia konferentsiia "Nedropol'zovanie. Gornoe delo. Novye napravleniia i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh"* (Novosibirsk, 10–20 Aprilia 2012 g.), 47–50. (In Russian)
- Yazikov, A. Y., Izokh, N. G., Shcherbanenko, T. A. (2011). Brachiopods and conodonts from the Frasnian/Famennian boundary strata in the Upper Devonian Yaya section (North-Western margin of the Kuznetsk Basin, Barzas Region). In: *Biostratigraphy, paleogeography and events in Devonian and Lower Carboniferous (SDS/IGCP 596 joint field meeting): Contributions of International Conference in memory of Evgeny A. Yolkin. Ufa, Novosibirsk July 20 — August 10 2011*, 169–172.
- Yolkin, E. A., Bakharev, N. K., Izokh, N. G., Kirida, N. P., Klets, A. G., Kontorovich, V. A., Obut, O. T., Timokhina, I. G. (2003). Late Devonian paleogeography of the West Siberian plain and its mountain surroundings. *Geologiya i geofizika*, 44 (1–2), 172–182. (In Russian)
- Yolkin, E. A., Gratsianova, R. T., Bakharev, N. K., Izokh, N. G., Yazikov, A. Y. (1997). Devonian sea-level fluctuations on the South-Western margin of the Siberian continent. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 199, 83–98.
- Yolkin, E. A., Gratsianova, R. T., Izokh, N. G., Yazikov, A. Y., Bakharev, N. K., Alekseeva, R. E., Erina, M. V., Kim, A. I., Shishkina, G. R. (2000). Devonian standard boundaries within the shelf belt of the Siberian Old Continent (southern part of western Siberia, Mongolia, Russian Far East) and in the South Tien Shan. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 225, 303–318.
- Yolkin, E. A., Kontorovich, A. E., Bakharev, N. K., Beliaev, S. Y., Varlamov, A. I., Izokh, N. G., Kanygin, A. V., Kashtanov, V. A., Kirida, N. P., Klets, A. G., Kontorovich, V. A., Krasnov, V. I., Krinin, V. A., Moiseev, S. A., Obut, O. T., Saraev, S. V., Sennikov, N. V., Tishchenko, V. M., Filippov, Y. F., Khomenko, A. V., Khromykh, V. G. (2007). Paleozoic facies megazones in the basement of the West Siberian geosyncline. *Geologiya i geofizika*, 48 (6), 633–650. (In Russian)
- Yolkin, E. A., Sennikov, N. V., Buslov, M. M., Yazikov, A. Y., Gratsianova, R. T., Bakharev, N. K. (1994). Paleogeographic reconstructions of the western part of the Altai-Sayan region in the Ordovician, Silurian and Devonian and their geodynamic interpretation. *Geologiya i geofizika*, 35 (7–8), 118–143. (In Russian)
- Yurina, A. L., Orlova, O. A., Raskatova, M. G. (2016). On the age of the Izylynsky formation (western margin of the Kuznetsk basin) according to paleobotanical data (macroflora and myospores). In: *Obshchaia stratigraficheskaiia shkala i metodicheskie problemy razrabotki regional'nykh stratigraficheskikh shkal Rossii*, 190–192. (In Russian)
- Zhimulev, F. I., Gillespie, J., Glorie, S., Jepson, G., Vetrov, E. V., De Grave, J. (2019). Tectonic history of the Kolyvan–Tomsk folded zone (KTFZ), Russia: Insight from zircon U/Pb geochronology and Nd isotopes. *Geological Journal*, 1–18.
- Zhimulev, F. I., Gillespie, J., Glorie, S., Kotlyarov, A. V., Vetrov, E. V., De Grave, J. (2018). Age and paleotectonic setting of the Devonian volcanism of the Kolyvan–Tomsk folded zone, insights from detrital zircon geochronology of the mitrofanovskaya formation. *Geology and Mineral Resources of Siberia*, 3, 13–24. (In Russian)

Received: May 23, 2022

Accepted: January 9, 2023

Authors' information:

Boris M. Popov — popovbm@ipgg.sbras.ru

Stanislav V. Saraev — saraevsv@ipgg.sbras.ru

Alexander S. Ganashilin — ganashilinas@ipgg.sbras.ru