



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 58–64
Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 1, pp. 58–64

Научная статья
УДК 550.85:553.632
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-58-64>

Особенности строения нижнепермской соленосной толщи и характер проявления соляного тектогенеза в северном и северо-западном обрамлении Прикаспийской впадины. Статья 1



Ю. А. Писаренко¹, О. П. Гончаренко², В. Ю. Писаренко¹

¹АО НВНИИГГ, Россия, 410600, г. Саратов, ул. Московская, д. 70

²Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Писаренко Юрий Алексеевич, доктор геолого-минералогических наук, заведующий отделом стратиграфии и геодинамики, PisarenkoYA@rusgeology.ru

Гончаренко Ольга Павловна, доктор геолого-минералогических наук, goncharenkoop@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4731-8740>

Писаренко Владимир Юрьевич, старший научный сотрудник, PisarenkoYA@rusgeology.ru

Аннотация. Приводится детальная оценка накопленной геолого-геофизической информации, в частности внутреннего строения соленосной толщи обрамления Прикаспийской впадины, механизма проявления соляного тектогенеза, его отраженности в структуре соляного зеркала и связи со структурными неоднородностями подсолевого ложа. Авторами предпринята попытка получить дополнительные косвенные критерии прогноза структуры подсолевого ложа путем изучения строения соленосной толщи и характера проявления соляного тектогенеза на основе комплексного анализа данных бурения и сейсморазведки.

Ключевые слова: Прикаспийская впадина, соленосная толща, тектогенез, подсолевое ложе, соляное зеркало

Для цитирования: Писаренко Ю. А., Гончаренко О. П., Писаренко В. Ю. Особенности строения нижнепермской соленосной толщи и характер проявления соляного тектогенеза в северном и северо-западном обрамлении Прикаспийской впадины. Статья 1 // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 58–64. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-58-64>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

Article

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-58-64>

Structural features of the lower permian salt-bearing series and the character of salt-tectogenesis manifestations in the northern and northwestern margins of the Caspian depression. Paper 1

Yuri A. Pisarenko¹, PisarenkoYA@rusgeology.ru

Olga P. Goncharenko², goncharenkoop@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4731-8740>

Vladimir Yu. Pisarenko¹, PisarenkoYA@rusgeology.ru

¹LVSRIIGG, 70 Moskovskaya St., Saratov 410600, Russia

²Saratov State University, 83, Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Abstract. The detailed evaluation of the accumulated geological-geophysical data, particularly on the inner structure of the saltbearing series in the margins of the Caspian Depression, the mechanism of salt-tectogenesis manifestation, its reflection in the structure of the salt table and association with the structural inhomogeneities of the subsalt bed is presented. The authors attempt to acquire additional indirect criteria for predicting the structure of the subsalt bed by means of analyzing the structure of the salt-bearing series and the character of salt-tectogenesis manifestation. The problem solution is based on the complex analysis of the data from drilling and seismic prospecting.

Keywords: margins of the Caspian depression, salt-bearing series, tectogenesis, subsalt bed, salt table

For citation: Pisarenko Yu. A., Goncharenko O. P., Pisarenko V. Yu. Structural features of the lower permian salt-bearing series and the character of salt-tectogenesis manifestations in the northern and northwestern margins of the Caspian depression. Paper 1. *Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 1, pp. 58–64 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-58-64>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)



Введение

Результаты исследования соленосных отложений обрамления Прикаспийской впадины позволяют отметить, что наиболее активно соляной тектогенез проявился в районе Соль-Илецкого свода. На остальной территории северного и северо-западного обрамления явные признаки проявления соляного тектогенеза не отмечаются. Лишь в районе нижнепермского бортового уступа седиментационная мощность выделяемых в соленосной толще ритмопачек может меняться в результате проявления карстовых процессов и смещения блоков соленосной толщи по листрическим разломам.

Изучение соляного тектогенеза в пределах Соль-Илецкого выступа поможет понять причины, определяющие начало пластического перераспределения соленосных пород, выделить стадии формирования разных по строению соляных тел, выявить возможные генетические связи со структурой подсолевого ложа. В то же время территория Соль-Илецкого свода является своего рода переходной зоной к пониманию природы соляного тектогенеза в Прикаспийской впадине и Предуральском прогибе.

Актуальность решения поставленной проблемы вполне очевидна, поскольку современные методы исследования пока не способны успешно решать задачи по выделению подсолевых объектов в условиях существования солянокупольного «экрана». В первую очередь это касается территории Прикаспийской впадины. До сих пор в российском секторе Прикаспийской впадины не выделено ни одной надежной структуры и не открыто ни одного месторождения в подсолевых отложениях.

Полученные результаты предполагается использовать при оценке соляного тектогенеза на территории Прикаспийской впадины, что будет являться предметом следующей публикации.

Строение нижнепермской соленосной толщи

Вопросы проявления соляного тектогенеза на территории Соль-Илецкого свода рассматриваются в целом ряде работ [1–4]. Однако чаще всего аргументация дается на примере отдельных фактов, без детального анализа внутреннего строения соленосной толщи.

Анализ внутреннего строения соленосной толщи показывает, что в обрамлении Прикаспийской впадины достаточно надежно установлено присутствие трех соленосных комплексов, различных по литологическому составу, возрасту, площади распространения и пластическим свойствам [5]. Нижняя часть иренского горизонта представлена каменной солью волгоградской свиты, наиболее широко распространенной в северном обрамлении Прикаспийской впадины. Наибольшая седиментационная мощность свиты (до 500 м) характерна для территории оренбург-

ского обрамления впадины. В саратовском и волгоградском обрамлении породы свиты распространены в виде локальных линз. Породы этой свиты выполняли Предуральский прогиб и Прикаспийскую впадину. Разрез свиты на 95–98% сложен каменной солью с тонкими годичными прослойками сульфатного материала. Обогащенность терригенным материалом отмечается в Предуральском прогибе по мере приближения к восточному борту. Высокое содержание каменной соли и более глубокое ее залегание относительно перекрывающих соленосных толщ предопределяют ее повышенную пластичность.

Перекрывает волгоградскую свиту ритмично построенная соленосная толща, состоящая из чередования пластов каменной соли (80–90%), ангидритов и ангидрит-доломитов (7–10%), калийно-магниевых солей (2–5%) общей мощностью до 900 м. Данная толща, «армированная» пластиками сульфатно-карбонатного состава, является менее пластичной относительно подстилающей каменной соли волгоградской свиты. При приближении к западному борту Предуральского прогиба эта соленосная толща выклинивается. В пределах последнего возможно присутствие ее нижней части, обогащенной калийно-магниевыми солями. Отсутствие верхней части данной толщи в Предуральском прогибе свидетельствует о смещении кунгурского соленакопления в западном направлении в результате восходящих тектонических подвижек в районе Палео-Урала [5]. На территории Прикаспийской впадины общепринято эту толщу отождествлять с так называемой «продуктивной» частью разреза (Прикаспийский комплекс), обогащенной калийно-магниевыми солями.

Третья соленосная толща в обрамлении впадины отвечает позднеказанскому возрасту [6] и распространена в Бугурусланском прогибе, раскрывающемся в Прикаспийскую впадину. Территорию Соль-Илецкого выступа позднепермский соленосный бассейн не охватывал. Мощность соленосной свиты в Бугурусланском прогибе достигает 100–150 м, увеличиваясь в сторону Прикаспийской впадины до 200 м. Состоит она на 60% из каменной соли и 40% ангидритов. Процесс соленакопления в казанское время существенно сократился по площади и сместился еще западнее относительно кунгурского времени в результате продолжающегося подъема Палео-Урала. Межсолевой уфимский и нижнеказанский (калиновский) интервалы в Бугурусланском прогибе сложены соответственно красноцветными терригенными и карбонатными породами.

На территории Соль-Илецкого выступа установлено, что пластическому перераспределению подвергалась каменная соль волгоградской свиты, в то время как перекрывающая ритмично построенная «армированная» сульфатными пластиками соленосная толща, претерпевая структурные изменения, сохраняет седиментационную мощность выделяемых ритмопачек. Примером может



являться подсолевая структура Оренбургского месторождения, ограниченная с севера Оренбургским тектоническим разломом (рис. 1). Сводовая часть структуры характеризуется значительным колебанием мощности каменной соли волгоградской свиты. Н. А. Иванова и А. О. Сафонов [3] считают, что выделяемые по кровле соли линейные структуры связаны с пластической деформацией каменной соли волгоградской свиты, что приводит к несоответствию подсолевого структурного плана надсолевому. При этом считается, что мощность и полнота разреза верхней «армированной» части иренского горизонта сохраняются. С последним можно не согласиться. Так, в районе скв. 85 Оренбургской по кровле соли выделяется прогиб амплитудой порядка 300 м, обусловленный отсутствием верхних ритмопачек «армированной» соленосной толщи в результате проявления карстовых процессов. В скв. 18 Краснохолмской, пробуренной в своде одной из выделяемых антиклинальной складок, на поверхность соляного зеркала выходит каменная соль волгоградской свиты, мощность которой составляет 865 м. В скв. 37 Краснохолмской, расположенной южнее антиклинальной складки, соленосный разрез также представлен только каменной солью волгоградской свиты мощностью 1155 м. Ритмопачки перекрывающей «армированной» соленосной толщи в этих скважинах отсутствуют. В расположенной между ними в прогибе скв. 27 Оренбургской присутствуют все ритмопачки «армированной» соленосной толщи, а мощность волгоградской свиты составляет всего 58 м.

Анализ данных бурения показывает, что выделяемые в пределах Оренбургского месторождения линейные структуры по кровле соленосного комплекса обусловлены проявлением не только пластического перераспределения пород волгоградской свиты, но и процессами выщелачивания ритмопачек «армированной» толщи. Последние наиболее интенсивно проявлялись над субширотно ориентированными тектоническими нарушениями подсолевого ложа. Ранее Г. В. Фоминой с соавтором [4] справедливо выделялись в пределах свода грабенообразные прогибы по кровле соленосной толщи, связанные с проявлениями карстовых процессов.

Южнее Оренбургского месторождения соляные подушки, выделенные на Восточно-Кардаилловской, Дмитриевской, Черниговской, Красноярской площадях, осложняют приподнятый блок, выделенный Ю. А. Воложем с соавт. [1] Дмитриевско-Буранинской флексуры (рис. 2). В скв. 16 Красноярской, пробуренной в пределах соляной «подушки» (рис. 3), в разрезе присутствуют все ритмопачки «армированной» толщи. Мощность волгоградской свиты увеличена до 680 м. На прилагаемом сейсмопрофиле (см. рис. 2) видно, что двухчленное строение соленосной толщи имеет отражение в сейсмических полях. Верхняя «армированная» слоистая харак-

теризуется регулярной волновой картиной и в целом сохраняет свою мощность при деформации нижней волгоградской свиты, которая отличается нерегулярной сейсмической записью.

Южнее по подошве соленосной толщи выделяется Сухоречинско-Бурлыкский флексурный перегиб амплитудой до 1500 м с погружением подошвы соли на глубины 3700–3800 м. На приподнятом крыле флексуры выделены соляные «подушки» на Южно-Филипповской, Точильной, Каменной площадях.

На границе с Предуральским прогибом выделяются две системы соляных тел, ориентированных вдоль бортового уступа. Западная включает Бердянскую гряду, Куралинский, Нагумановский и Новоуспенский купола. Расположенная восточнее система включает южную часть Акбулакской гряды и Новопавловскую гряду.

В южной части Соль-Илецкого выступа, вдоль Предуральского прогиба в целом и при приближении к нему соляной тектогенез проявлялся активнее, что отразилось в формировании соляных куполов и гряд (см. рис. 3), ядра которых представлены каменной солью волгоградской свиты. Так, разрез соляной гряды, вскрытый скв. 503 Нагумановской, представлен породами только волгоградской свиты мощностью 2920 м (инт. 850–3770 м). Свита представлена каменной солью с прослоями ангидрита. В нижней части свиты встречены четыре пачки (по 30–50 м) темно-серых арриллитов и мергелей, содержащих кунгурские спорово-пыльцевые комплексы. «Армированная» толща, судя по сейсмическим разрезам, погружаясь при выдавливании пород волгоградской свиты, распространяется на склонах куполов в виде тел бокового прилегания или может присутствовать в межкупольных пространствах. Так, в скв. 1 Нагумановской, расположенной на противоположном крыле соляной гряды, соленосная толща вскрыта в инт. 3000–3939 м и представлена переслаиванием каменной соли и ангидритов мощностью от 10 до 80 м. Повышенные значения гамма-каротажа свидетельствуют о присутствии калийных солей. Иными словами, склоновая часть гряды представлена «армированной» толщей. В скв. 506 Нагумановской соленосная толща отсутствует.

Таким образом, при более приподнятом залегании соленосной толщи процессы соляного тектогенеза проявляются слабее и выражены в формировании соляных подушек по кровле соли. Южнее, при более глубоком залегании подсолевого ложа, выраженность соляных структур возрастает. Вдоль бортового уступа Предуральского прогиба формируются линейные гряды или цепочки соляных куполов. Соляные «подушки», распространенные в западной части, имеют амплитуды 100–200 м и залегают на глубинах 1000–1500 м. В восточном направлении выраженность соляных тел возрастает – своды соляных куполов и гряд расположены на глубинах 400–500 м, амплитуда соляных тел до 3000–3500 м.

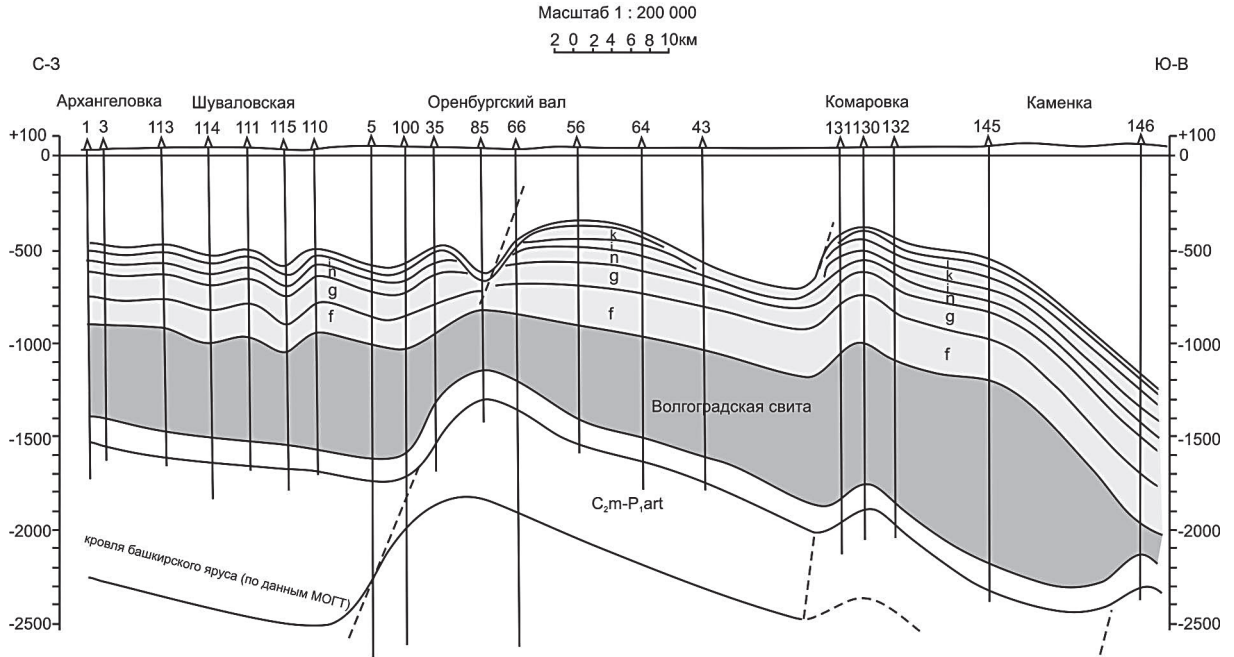


Рис. 1. Геологический профиль через Оренбургское месторождение: f, g, p, i, k – индексы ритмопачек соленосной толщи

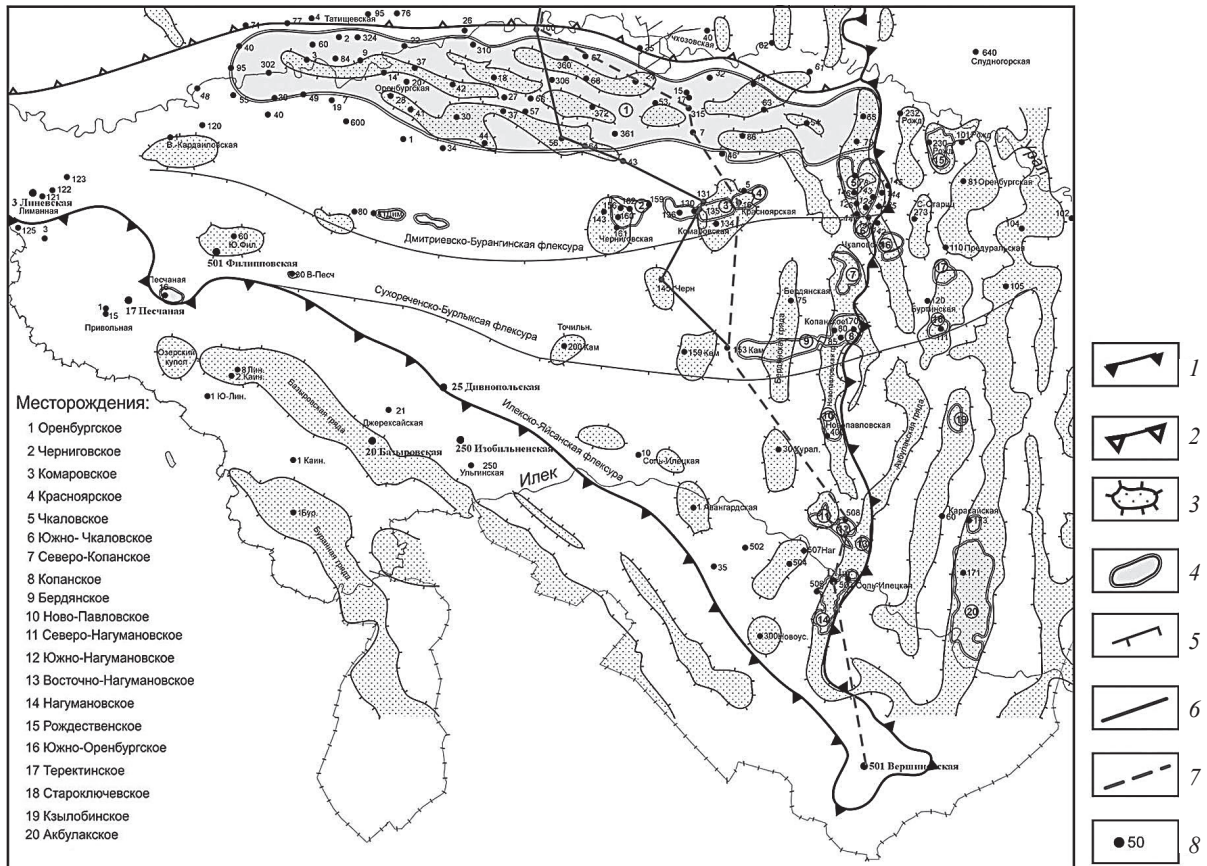


Рис. 2. Схема соотношения солянокупольных структур и подсолевых месторождений (составлена с использованием материалов И. А. Иванова, А. О. Сафронова, Ю. А. Воложа): 1 – границы надпорядковых структур, выраженных в подсолевом ложе; 2 – границы структур первого порядка; 3 – соляные тела (гряды, купола, «подушки»); 4 – месторождения; 5 – флексурные перегибы подсолевого ложа; 6 – линия геологического профиля; 7 – линия сейсмического профиля; 8 – точки скважин

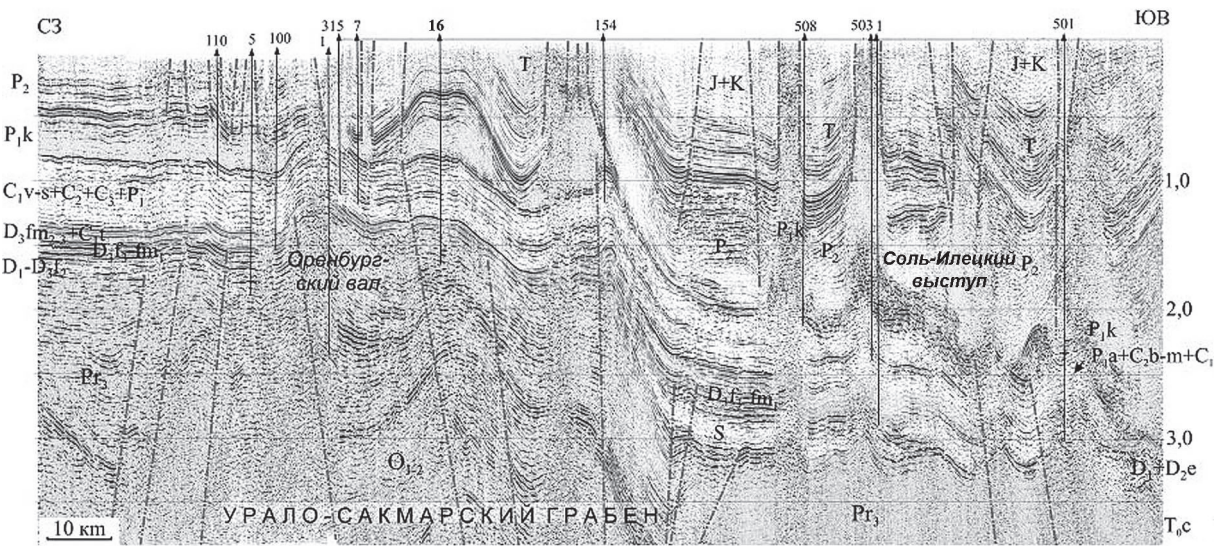


Рис. 3. Сейсмический временной разрез ОАО «Оренбургская геофизическая экспедиция». Оренбургский вал – Соль-Илецкий выступ

Характер проявления соляного тектогенеза

Усиление интенсивности соляного тектогенеза в сторону Предуралья фиксируется на целом ряде сейсмических профилей, приведенных в работе Ю. А. Воложа с соавт. [1]. На фрагменте сейсмического профиля № 37 видно, что в платформенной части формировались соляные «подушки» за счет деформации каменной соли волгоградской свиты (рис. 4). В бортовой зоне Предуралья уже сформировалась соляная гряда над Совхозной рифовой постройкой. При этом, судя по структурному положению выполняющих мульдовое пространство надсолевых отложений, формирование гряды происходило за счет перетока соли с территории Предуралья. Можно предположить, что причиной

возникновения соляных складок явились тангенциальные напряжения со стороны складчатого Урала, определившие соляной тектогенез не только в Предуральском прогибе, но и на прилегающем обрамлении прогиба за счет перетока соли с прогиба на приподнятый блок обрамления.

Вдоль бортового уступа Прикаспийской впадины (Илекско-Яйсанская флексура) интенсивность соляного тектогенеза увеличивается в восточном направлении. На западе выделяется Южно-Филипповская соляная «подушка» амплитудой до 100 м. Восточнее сформировался Соль-Илецкий купол амплитудой 1200 м, Авангардский купол амплитудой 1500 м, западнее – Новоуспенский купол амплитудой 3000 м. Складывается впечатление, что тангенциальные нагрузки со стороны Предуралья ока-

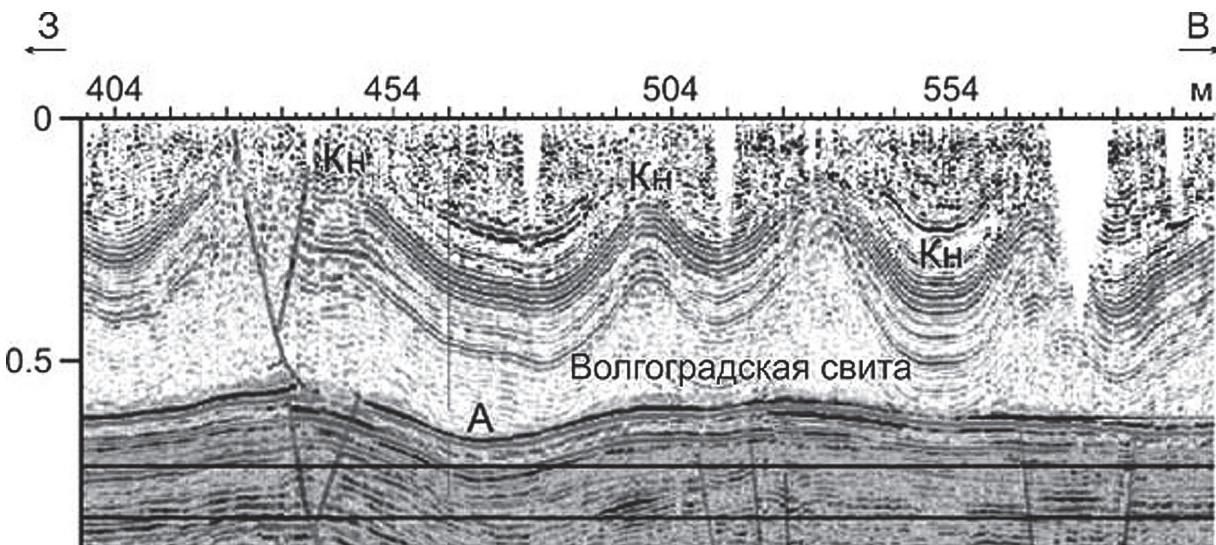


Рис. 4. Сейсмогеологический разрез по профилю № 37. Западный фрагмент – плитная часть [1]. Отражающие горизонты, приуроченные к кровле: Кн – Кунгурские отложения нижней перми; А – сакмаро-артинские отложения нижней перми



звали большее влияние на соляной тектогенез, чем Прикаспийская впадина. Как будет показано в статье II, посвященной соляному тектогенезу в оренбургском секторе Прикаспийской впадины, кунгурская соленосная толща выдавливалась в сторону центральной части впадины, а первая прибортовая Базыровская гряда сложена верхнепермской соленосно-терригенной толщей.

На Соль-Илецком своде соляной тектогенез начался при залегании подошвы соли на глубинах 1200–1800 м в пределах Оренбургского свода. Южнее отмечается погружение до 4000–4200 м на Нагумановской площади и до 4700 м на Вершиновской.

На уральском участке при залегании подошвы соли на глубинах до 2400–2900 м и на саратовско-волгоградском на глубинах 1300–1500 м при отсутствии или незначительной мощности волгоградской свиты признаки пластического перераспределения в соленосной толще не отмечаются. Можно сделать вывод, что соляной тектогенез в обрамлении проявляется только в поле распространения волгоградской ритмопачки в том случае, когда ее мощность превышает мощность типичной ритмопачки «армированной» толщи и составляет порядка 150–200 м. Существенную роль при этом играет повышенная тектоническая активность в пределах Соль-Илецкого выступа, сформировавшая флексурные перегибы. Значительное влияние оказали тангенциальные напряжения со стороны Предуральского прогиба.

Вопрос: каково соотношение выделенных соляных структур и подсоловых открытых месторождений углеводородов? На прилагаемой карте (см. рис. 2) совмещено положение соляных структур и открытых месторождений в подсоловых нижнепермских и башкирских отложениях на территориях Соль-Илецкого свода и Предуральского прогиба. Оказалось, что все открытые месторождения на рассматриваемой территории расположены под соляными «подушками», куполами и грядами. По нашему мнению, генетическая взаимосвязь определяется тем, что формирование соляных тел и месторождений связано со структурными неоднородностями, тектоническими подвижками подсолового ложа. В районе флексурных перегибов создавались зоны неустойчивого равновесия соленосной толщи и происходил переток соленосных пород из опущенных блоков в приподнятые. В то же время приподнятые блоки, особенно их южные части, ввиду характерной для них асимметричности являлись благоприятными для формирования подсоловых структур. Проявление соляного тектогенеза инициировали не локальные подсоловые поднятия, а линейные структурные неоднородности подсолового ложа. По этой причине присутствие солянокупольного тела не является обязательным критерием для выделения подсолового поднятия.

Выводы

Таким образом, в пределах рассматриваемой территории первопричиной соляного тектогенеза является тектонический фактор, проявившийся в условиях распространения каменной соли волгоградской свиты в увеличенных мощностях.

В целом в пределах рассматриваемой территории глубины залегания подсолового ложа и значения мощности соленосной толщи являются близкими, как и на территории Припятской впадины. Подсоловое ложе в последней находится на глубинах 2–4 км, мощность франско-фаменской соленосной толщи достигает 1500–2000 м. Близкие параметры позволяют в определенной степени проводить аналогию в характере проявления соляного тектогенеза. По мнению специалистов [7–11] большинство соляных поднятий в Припятской впадине приурочено к зонам сочленения опущенных и приподнятых блоков подсолового ложа, т. е. к линиям дизъюнктивных дислокаций. Соляные купола и гряды расположены преимущественно на приподнятых блоках подсолового ложа. Первопричина проявления соляного тектогенеза заключается в вертикальных движениях по разрывным нарушениям.

Продолжение следует.

Библиографический список

1. Оренбургский тектонический узел : геологическое строение и нефтегазоносность / Ю. А. Волож, М. П. Антипов, В. А. Быкадоров [и др.]. Москва : Научный мир, 2013. 264 с.
2. Горюнов Е. Ю., Игнатов П. А., Климентьева Д. Н., Серавина Т. В. Условия формирования солянокупольных структур в северной бортовой зоне Прикаспия // Геология нефти и газа. 2010. № 2. С. 29–35.
3. Иванова Н. А., Сафонов А. О. Особенности строения галогенных толщ зоны сочленения Прикаспийской синеклизы и Волго-Уральской антеклизы на территории Оренбуржья // Недра Поволжья и Прикаспия. 2010. № 63. С. 33–41.
4. Фомина Г. В., Волжанин В. Г. Взаимоотношение структурных планов подсоловых и надсоловых отложений Оренбургского вала // Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений Оренбургской области. Саратов : Приволжское книжное издательство, 1973. Вып. 11. С. 87–91.
5. Писаренко Ю. А., Писаренко В. Ю., Киреев О. С., Гончаренко О. П. Модель пермского соленакпления юго-восточной части Русской плиты и ее значение для поиска месторождений нефти и газа и различных видов полезных ископаемых // Геология нефти и газа. 2011. № 1. С. 38–46.
6. Писаренко Ю. А., Прохорова Н. П., Кухтинов Д. А., Левина В. И. Местные стратиграфические подразделения верхней перми Прикаспийского региона // Недра Поволжья и Прикаспия. 1999. Вып. 20. С. 3–11.



7. Горелик З. А. История тектонического развития Припятского прогиба // Проблемы тектоники Припятского прогиба. Минск : Наука и техника, 1974. С. 24–30.
8. Конищев В. С. Соляная тектоника древних платформ // Тектонические исследования в Белоруссии. Минск : Наука и техника, 1983. С. 59–77.
9. Макаревич В. И., Конищев В. С. Соотношение структурных планов соленосных толщ и подсоловых отложений Припятского прогиба // Проблемы тектоники Припятского прогиба. Минск : Наука и техника, 1974. С. 52–61.
10. Махнач А. А. Введение в геологию Белоруси. Минск : Институт наук НАН Беларуси, 2004. 198с.
11. Москвич В. А. Морфогенетические типы зон отсутствия межсоловых отложений Припятского прогиба и перспективы их нефтегазоносности // Тектонические исследования в Белоруссии. Минск : Наука и техника, 1983. С. 78–92.

Поступила в редакцию 28.10.2020, после рецензирования 10.11.2020, принята к публикации 20.11.2020
Received 28.10.2020, revised 10.11.2020, accepted 20.11.2020