

ПРИПЯТСКИЙ КАЛИЕНОСНЫЙ БАСЕЙН: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Н. С. ПЕТРОВА¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Республика Беларусь

Рассмотрено осадочное выполнение континентального палеорифта – Припятского прогиба. Осуществлена оценка тел разного структурно-иерархического уровня, организованных по принципу вложения. Сложность детализации связана с необходимостью ранжирования седиментационных циклов, условия формирования которых диктуются режимом циклогенеза. В практике геолого-разведочных работ на калийные соли и разработки калийных руд большое значение имеют задачи выяснения связи изменчивости вещественного состава, строения, особенностей размещения типовых разрезов залежей и геодинамических обстановок.

Ключевые слова: Припятский прогиб; структурно-иерархический уровень; калийная залежь.

PRIPYAT POTASSIUM-BEARING BASIN: THEORETICAL AND APPLIED ASPECTS OF STRUCTURAL-FORMATION ANALYSIS

N. S. PETROVA^a

^aBelarusian State University, Nezavisimosti avenue, 4, 220030, Minsk, Republic of Belarus

Consideration of the implementation of the continental sedimentary paleorift – Pripyat Trough – includes an assessment of bodies of different structural and hierarchical level, organized on the principle of investing. The complexity of the detail connected with the necessity of ranking sedimentation cycles, which are dictated by the conditions of formation of the regime of cyclogenesis. In the practice of geological exploration of potash salt and potash ore is now becoming important problem finding connection variation of the material composition, structure, features accommodation type sections deposits and geodynamic environments.

Key words: Pripyat Trough; structural and hierarchical level; potash deposits.

Припятский калиеносный бассейн однозначно отнесен к рифтогенным внутриконтинентальным галогенсодержащим [1, 2]. Особенности его структуры являются наличие в основании коры континентального типа и нестабильный (импульсивный) тектонический режим. Припятский прогиб – структура полициклического развития, и проявления галогенеза также полициклически. Тектоногеодинамический тип бассейна определил и разнопорядковую цикличность, несущую аналогичные черты в строении, – от калиеносной субформации до калийного горизонта. В образовании внутриконтинентального Припятского палеорифта выделяют три этапа: предрифтовый, рифтовый и пострифтовый.

Образец цитирования:

Петрова Н. С. Припятский калиеносный бассейн: теоретические и прикладные аспекты структурно-формационного анализа // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. 2016. № 2. С. 91–95.

For citation:

Petrova N. S. Pripyat potassium-bearing basin: theoretical and applied aspects of structural-formation analysis. *Vestnik BGU. Ser. 2, Khimiya. Biol. Geogr.* 2016. No. 2. P. 91–95 (in Russ.).

Автор:

Наталья Семеновна Петрова – кандидат геолого-минералогических наук; доцент кафедры динамической геологии географического факультета.

Author:

Natal'ya Petrova, PhD (geological-mineralogical sciences); associate professor at the department of dynamical geology, faculty of geography.
belnigri@list.ru

Общей тектоногеофизической модели развития рифта соответствует и седиментологическая модель. С позиции седиментологии Припятский бассейн является открытой денудационно-аккумулятивной системой, развивающейся, с одной стороны, автономно, а с другой – в строгом соответствии с геодинамической позицией. В настоящее время в качестве основного фактора, определяющего смену обстановок осадконакопления в рифтовых впадинах, рассматриваются не колебательные движения земной коры (приводящие к появлению того или иного рельефа), а стадии медленного или быстрого погружения днищ этих структур [1, 3].

Материал и методика исследования

Структурно-формационный анализ сочетает минерагеническую периодизацию (расчленение по вертикали) с минерагеническим районированием (расчленение по латерали). В методике использованы закон иерархогенеза и эмерджентность (свойство геологической среды, тесно связанное с наличием иерархической структуры). Формируются латеральные и вертикальные индикационные ряды. Формационный уровень организации основывается на выделении таксонов минерагенических подразделений (региональные единицы) и иерархических уровней разреза – от слоя, пласта до формации. В качестве элементарного седиментационного цикла рассматривается устойчиво повторяющийся генетически обусловленный набор пород. Пестрота индивидуальных фациальных особенностей и резкая фациальная изменчивость в латеральном и вертикальном рядах нагляднее всего выражаются в периоды наибольшего влияния континентальных обстановок.

Классификационная схема типологических латеральных и вертикальных рядов, отражающая геодинамическую историю Припятского прогиба в период формирования галогенных формаций, сочетает графическое выражение для вертикального ряда формаций и описательное – для латерального [1, 4]. Для средневерхнефаменского калийного рудогенеза рассмотрены две основные гиперсоляные ассоциации: красноцветная и пестроцветная – и отмечено сочетание этих типов в полноразвитых разрезах [5, 6]. В составе рационального комплекса показателей выделены тип галогенеза, тип ассоциации, строение калийных горизонтов и их состав, приуроченность к структурному элементу в пространстве, доминирующая окраска калийных минералов и пород, структурно-текстурные особенности калийных пород, механизм формирования жидкой фазы, процессы калиенакопления, геохимическое тестирование и «история жизни» калийной залежи. Для оценки продуктивных объектов в бассейнах деструктивно-дивергентного геодинамического режима, представителем которого является Припятский прогиб, включающий сформированные соленосные формации и нефтегазоносные комплексы, крайне важно развитие методологии обеспечения максимально точной информацией. Необходимо создание генетически ориентированной типизации калиеконтролирующих процессов и механизмов для внутриконтинентального Припятского палеорифта на основе структурно-вещественной иерархии с использованием микрофациального метода и оценки структурно-текстурных особенностей пород высоких стадий галогенеза.

Типовое профилирование связано с оценкой характера хлоридного калийного рудогенеза и основывается на систематизации и анализе исследований по вещественному составу и структурно-текстурным особенностям пород калийных залежей с выделением роли постседиментационных преобразований. Строение комплексов формаций и их распространение устанавливались при сравнении множества разрезов калиеносной субформации и калийных залежей на разных гипсометрических уровнях.

Для выявления закономерностей в изменчивости *морфоструктурных особенностей* и состава калийных залежей были максимально использованы материалы по калийным залежам центральной зоны Припятского прогиба, а также по площадям, в пространственном отношении значительно удаленным от хорошо исследованных западных частей калиеносного бассейна. Составленные схематические карты, отражающие структуру подошвы калийных залежей IV-п и VI-п и соотношение с тектоническими элементами нижележащих отложений (межсолевая толща), свидетельствуют о связи основных особенностей строения, условий залегания калийных горизонтов со структурно-тектоническими элементами нижележащих отложений. Установление взаимоотношений структурного плана поверхности межсолевой толщи и подошвы калийного горизонта необходимо для оценки унаследованного или инверсионного развития калиеносной субформации.

Результаты исследования и их обсуждение

Региональные реконструкции свидетельствуют о том, что индикационные ряды, обоснованные для внутриконтинентальных рифтов [1, 3], не отражают однозначной связи между геодинамической обстановкой и литологией осадочных комплексов Припятского прогиба и требуют дальнейшего теоретического обоснования, в частности для рассмотрения и аргументации эффекта предлагаемой нами

«континентализации»¹ отложений во внутриконтинентальном Припятском палеорифте уже на стадии начального рифтогенеза: скорость проседания дна бассейна и неизменность территории – зоны аккумуляции, где происходит смена морских и континентальных фаций. В течение провального этапа возросли скорости проседания дна с интенсивным разогревом коры и центральная часть впадины оказалась некомпенсированной осадконакоплением, а при замедлении скорости проседания дна мог возникнуть флювиальный режим циклоседиментогенеза [3].

Приуроченность генотипов ритмов крупного иерархического уровня (средневерхнефаменная соленосная формация, галитовая и калиеносная субформации) к различным территориально разделенным частям прогиба и тектоническим элементам общеизвестна [5]. Изменчивость латеральных и вертикальных рядов оценена в соответствии с приуроченностью к различным территориально разделенным частям прогиба и тектоническим элементам. Вертикальные ряды, расположенные в центральной части тела бассейнового комплекса (площади палеобассейна), существенно отличаются по составу и строению от вертикальных рядов, составленных для периферических зон. Также различно выглядят латеральные ряды в зависимости от их пространственной ориентировки и положения относительно центральной части.

Характер распределения калийных залежей по площади и в разрезе отражает соотношение скорости прогибания и скорости осадконакопления, определяя рассеяние калия. Максимальное развитие калийных горизонтов наблюдается, как правило, в центральных частях синклиналиных структур, а в сторону поднятий они либо уничтожены процессами подземного выщелачивания вместе с частью разреза соленосной формации, либо фациально выклиниваются внутри заключающих их соляных пачек. При последовательном формировании типовых разрезов более низкого иерархического уровня происходят расширение и детализация *характеристических признаков и показателей*. Основой методологии создания системы многофакторной оценки являются совмещение вещественных, структурных и концептуальных (чаще всего – генетических) признаков; выделение в качестве главных таксономических категорий хемогенно-терригенных пород, выступающих в роли галопелитов и также разделяемых по структуре и составу или по составу и генезису. Выделены наиболее устойчивые элементы ритмов в образованиях разной иерархии, в определенной степени отождествляемые с так называемыми референтными элементами строения. Систематизация и анализ строения и вещественных параметров свидетельствуют о том, что «выпадение или достраивание» элементов на разных уровнях происходят отнюдь не случайно, а закономерно, однако зависят они от разных механизмов и процессов.

Особенностью распределения фациальных комплексов осадков галогенных толщ в депрессиях при учете в качестве определяющего разломно-сбросового характера строения является отсутствие в основании сбросовых уступов грубообломочных фаций. Это явление объясняется, с одной стороны, спецификой формирования дистальных и проксимальных фаций сбросовых уступов в периоды высокоскоростной седиментации галогенных формаций, а с другой – характером размыва (разрушения) хемогенно-терригенных отложений в краевых частях солеродных бассейнов [3, 7].

Целесообразность применения принципа многомодельности для расшифровки генетических особенностей калийных залежей Припятского калиеносного бассейна подразумевает использование параметров изменчивости во взаимоотношении со структурно-геологическими условиями, т. е. создание блока параметров внутренних неоднородностей, или элементов, формирующих типовые разрезы продуктивных слоев и пластов.

Для выделения типовых разрезов используются характеристические параметры изменчивости: 1) *степень изменчивости* – пределы колебаний значений признака (мощность и качество), мера оценки – коэффициент вариации; 2) *характер изменчивости* – *случайный* (в различных разведочных пересечениях значения признака не зависят друг от друга) или *закономерный* или *координированный* (связь с пространственным положением относительно геологического строения территории), позволяющий прогнозировать значения его в пространстве; 3) *структура изменчивости* (*изотропная* и *анизотропная*) – различия в степени или характере изменчивости в пределах различных частей площади развития калийной залежи. Анизотропия изменчивости проявляется по определенным направлениям, которые позволяют разделить залежь на однородные геологические блоки, выделение которых имеет значение при разведке, так как система изучения в соответствии с принципами равной достоверности должна быть дифференцированной применительно к особенностям этих блоков. Столь же важным согласно этому принципу является и установление анизотропии изменчивости геолого-промышленных параметров месторождения. Изменчивость калийной залежи в целом – показатель синтетический

¹Этот термин в целом может быть распространен на все процессы, приводящие к формированию хлоридных месторождений калийных солей. И прежде всего, нужно начинать с метаморфизации состава морской воды в прямом направлении, характеризуемом исчезновением сульфата магния. Как следует из существующих реакций, изменение состава происходит под влиянием реагентов либо континентального стока (гидрокарбоната кальция), либо асцендентного воздействия хлорида кальция, который также является продуктом, формирующимся в континентальной коре.

и устанавливается по совокупности характеристик изменчивости всех его параметров. В части блоков *при формировании типовых разрезов равномерную по мощности и неравномерную по качеству залежь следует относить в целом к неравномерной.*

Принцип выделения типовых разрезов для целей локального прогноза на эксплуатируемых месторождениях калийных солей заключается в их ранжировании по оценочным критериям, включая комплексы геоиндикаторов. Основой послужили положения теории калийного рудогенеза, данные о закономерностях строения и формирования калийных залежей разных гиперсоляных ассоциаций, сравнительный анализ с моделями хлоридных месторождений мира и прежде всего Верхней Камы. В общей классификации типы систематизируются по прогнозным критериям, обеспечивающим наиболее эффективную и достоверную их прогнозную оценку. Каждый из типов характеризуется по следующим классам: *ведущие и главные прогнозные критерии; факторные прогнозные критерии; признаковые прогнозные критерии.* Для каждой группы критериев вычисляется суммарная значимость в прогнозной оценке объекта, определяемая их отношением к общему количеству рудоконтролирующих факторов либо постоянных признаков залежей определенного типа гиперсоляных ассоциаций. В результате анализа выделены группы, которые прогнозируются по одному ведущему критерию, по двум главным критериям, по одному-двум главным критериям и отдельным критериям-признакам; по комплексу критериев, связанных с рудоконтролирующими факторами; по общему комплексу критериев. Наибольшую эффективность обеспечивают критерии, *выделенные по комплексным факторам*, которые имеют и максимальную значимость при выделении типов, *выступающие как главные либо ведущие.*

Классификация типовых разрезов проведена путем последовательного решения ряда частных задач: 1) выделение полного комплекса рудоконтролирующих факторов и признаков залежей на основе сопоставления разнообразных рабочих моделей как стандартных, так и специальных; 2) общая оценка значимости факторов и признаков: среди факторов выделены монофакторы, среди признаков – *постоянные (устойчивые) и переменные (случайные)*; 3) ранжирование критериев по значимости в оценках. Критерии, связанные с процессами формирования, базируются на рудоконтролирующих факторах и выступают как *базовые (обязательные)*, определяющие результаты и достоверность выделения типов, а критерии локализации типов в пространстве и времени, основанные на *постоянных* признаках, играют ведущую роль при оценке масштаба и особенностей распределения (размещение, приуроченность к элементам тектонического строения) на площади развития калийной залежи, но далеко не всегда однозначно характеризуют эти параметры. Имеет значение правильный выбор уровня изучения изменчивости в зависимости от конкретных задач, подлежащих решению, который тесно связан с предполагаемым использованием получаемых результатов. Недопустимо применять выводы об изменчивости, полученные для конкретного уровня изучения объекта, при решении практических задач иного уровня.

На изменение строения и состава калийных залежей оказывает влияние унаследованное либо инверсионное развитие тектонических элементов, а также ход процессов галокинеза. Структуры, образованные внутрисолевыми поверхностями калиеносной субформации, подчинены строению нижележащих отложений и отличаются унаследованным развитием. Региональные разломы, разграничивающие ступени кристаллического фундамента и подсолевого ложа, прослеживаются также в среднерифтовой фации. Вертикальные движения по этим разломам привели к образованию крупных приразломных депрессий, имеющих пликвативно-дизъюнктивный характер.

На основе систематизации результатов исследований по структурно-вещественной характеристике пород калийных залежей различных гиперсоляных ассоциаций с некоторой долей условности выделены три группы минералого-петрографических признаков, свидетельствующих о ходе постседиментационных преобразований, определяющих их роль в формировании современного облика залежей гиперсоляных ассоциаций и распределении основных минералого-технологических типов руд. Среди постседиментационных процессов наиболее важными являются процессы осветления, обесцвечивания, укрупнения зерен, а также формирования флюидальных структур и текстур.

Логика построений основана фактически на использовании принципов геологической конвергентности, т. е. возможности возникновения сходных или даже однотипных руд, парагенезисов при различных геологических процессах и на суперпозиции – допущении, согласно которому результирующий эффект от нескольких независимых воздействий представляет собой сумму эффектов, вызываемых каждым воздействием в отдельности.

Анализ галогенных формаций базируется на признании объективного существования иерархической системы естественных надпородных геологических тел, для объяснения строения которых используется миграционно-мутационная модель слоистости [4]. В формировании *миграционной слоистости* основную роль играют вертикальные тектонические движения, вызывающие смещение береговых линий и фациальных зон накопления осадков. *Мутационная слоистость* возникает за счет изменений в составе вод палеобассейнов, вызывающих выпадение или прекращение минералообразования, измене-

ния в окраске осадков и т. д., в результате чего «а) процесс слоеобразования протекает не непрерывно, а с паузами; б) слои образуются и фиксируются в разрезе между этими паузами, а после окончания паузы дно вновь прогибается и весь шлейф осадков смещается вслед за наступающей на сушу береговой линией; за это время вновь поступивший в бассейн материал формирует новый слой и т. д.» [4, с. 126].

Критерии выделения типовых разрезов калийных горизонтов:

1) оценка «глинонасыщенности»: прослеживание мощности и состава в латеральном и вертикальном рядах; величина соотношения мощностей соляных и несоляных пород в разрезе. Обязательным элементом ритмично чередующихся прослоев, слоев и пластов являются хемогенно-терригенные образования, обычно обозначаемые как «галопелиты». Располагаясь в разных частях разреза, они характерны более всего для базальных частей ритмов, поскольку формируют наиболее мощные и устойчивые прослои. Именно они служат индикаторами и критериями для оценки батиметрического уровня бассейна при формировании горизонта и отражают непосредственную связь с тектоническим режимом седиментационного водоема;

2) оценка «калиенасыщенности» – расчет соотношений мощностей соляных элементов (прослоев калийных пород и каменной соли);

3) анализ мощностей и строения прослоев калийных пород;

4) оценка структурно-текстурных особенностей прослоев с выделением преобладающих типов;

5) выявление петрохимических особенностей прослоев калийных пород на основе использования уточненных геохимических индикаторов.

Выделение эталонных и типовых разрезов калийных горизонтов как в красноцветной, так и пестроцветной ассоциации во многом определяется полнотой процесса развития (или сохранности) галогенеза. Калийные залежи средневерхнефаменской формации обычно имеют многопластовое строение. В разрезе могут быть выделены три крупных элемента строения – нижняя и верхние зоны каменной соли и собственно калийная зона. В разрезе калийной зоны отмечаются пласты (минералого-петрографические зоны), в состав которых включены слои непосредственно калийных пород (в отдельных горизонтах – калийно-магниевого) и промежуточной каменной соли. Критерии выделения *полновыраженных (идеальных) циклов*, формирующихся при наиболее полной реализации циклоседиментогенеза, должны быть ассоциированы с оценкой стабильности динамической системы с прослеживанием седиментологического развития бассейна за большие отрезки времени.

К этому наиболее тесно примыкает проблема *разбиения арифметизированных разрезов (с переходом к машинной корреляции)*, заключающаяся в отыскании границ, разделяющих разрез на сегменты, либо статистически различающиеся в заданной системе признаков, либо на однородные, в пределах которых заданные признаки имели бы одинаковые функции распределения [4]. Данная задача, кроме самостоятельного значения, может быть базовой при выделении типовых разрезов. Для толщ, характеризующихся ритмичностью, подобной галогенным, данный подход может существенно помочь при расчленении и корреляции разрезов.

Приведенные рассуждения не являются итогом абстрактного теоретизирования, поскольку нами проанализирован огромный фактический материал, включающий как меняющиеся разрезы калиеносной субформации, так и многочисленные разрезы многопластовых калийных горизонтов. Принципиальная новизна исследований состоит в использовании структурно-формационного анализа при решении прикладных задач типового профилирования на основе общей схемы реализации механизмов осадочного процесса, формирующих галогенные формации палеорифта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК (REFERENCES)

1. Айзберг Р. Е., Старчик Т. А. Синрифтовая геодинамика Припятского прогиба. Минск, 2013.
2. Беленицкая Г. А. Соленосные осадочные бассейны. СПб., 2000.
3. Романовский С. И. Литогеодиника осадочных бассейнов. СПб., 1996.
4. Романовский С. И. Физическая седиментология. Л., 1988.
5. Гарецкий Р. Г., Высоцкий Э. А., Кислик В. З., Ерошина Д. Л., Петрова Н. С., Седун Д. В. Калийные соли Припятского прогиба. Минск, 1984.
6. Петрова Н. С., Седун Э. В., Ляхович О. К. Специфические особенности калиеносных зон Припятского прогиба // Литолого-фациальные и геохимические проблемы соленакопления. М., 1985. С. 185–194 [Petrova N. S., Sedun E. V., Liakhovich O. K. Special features of potassium-bearing zones of the Pripyat Trough // Litologo-facialniye i geokhimicheskiye probleme solenakopleniya. Moscow, 1985. P. 185–194 (in Russ.)].
7. Петрова Н. С., Высоцкий Э. А. Седиментологические аспекты эволюции эвапоритовых бассейнов Припятского палеорифта // Литасфера. 1998. № 8. С. 62–68 [Petrova N. S., Vysotsky E. A. Sedimentological aspects of the Pripyat Paleorift evaporite basins evolution. *Litasfera*. 1998. No. 8. P. 62–68 (in Russ.)].

Статья поступила в редколлегию 01.03.2016.
Received by editorial board 01.03.2016.