



Наталья Петрова,
ведущий научный
сотрудник отдела
геологии и минерагении
платформенного чехла
НПЦ по геологии, кандидат
геолого-минералогических
наук, доцент



Наталья Денисова,
начальник отдела
геологии и минерагении
платформенного чехла
НПЦ по геологии, кандидат
географических наук

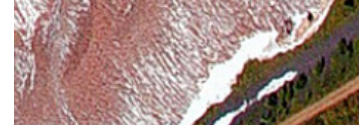
Калийные соли Беларуси: состояние изученности и задачи дальнейших исследований

Калийные соли — одно из главных полезных ископаемых Беларуси. Республика входит в тройку мировых лидеров по запасам калийных руд. Минерально-сырьевая база калийных солей в Беларуси создана усилиями геологов и в настоящее время успешно осваивается горнодобывающей промышленностью. Важнейшим результатом комплексного изучения и освоения калийных солей стало формирование в отечественной геологической отрасли одного из стратегических направлений, обеспечивающих экономическое развитие Беларуси — соляной геологии (геологии галогенеза), а белорусская соляная школа геологов и горных инженеров получила мировое признание. В освоении калийных солей в Беларуси могут быть выделены периоды, различающиеся объектами и масштабами, формами и методами исследований [5, 10].

В течение XX в. геологоразведка проводилась последовательно, в соответствии со стадийностью — от поисково-оценочных этапов до предварительной и детальной разведки. В ходе геолого-поисковых работ в рамках оценки общих перспектив калиеносности в Северном структурном ареале Припятского прогиба к востоку от детально разведанной площади Старобин-

ского месторождения были выявлены новые калийные горизонты (более 30), обнаружена мощная карналлитовая залежь (горизонт 0–7), выделены Нежинский, Смолковский, Осовецкий, Любанский участки. Одним из главных итогов поисковых работ явилось открытие Петриковского месторождения с новым типом калийных руд в ряде горизонтов.

До 1993 г. геологоразведкой были охвачены все площади развития калиеносных отложений в Припятском прогибе, доступные для шахтной отработки и подземного растворения/выщелачивания калийных руд. В Северном структурном ареале поисково-оценочные работы были проведены на Смолковском участке, Нежинском, а также на Дроздовской перспек-



тивной площади. В Центральном структурном ареале – в пределах Житковичского (в северной части Туровской депрессии), Копаткевичского участков, на Новодубровской перспективной площади. В пределах шахтных полей Старобинского месторождения и на примыкающих к ним площадях были проведены геологоразведочные работы для обеспечения прироста запасов и подготовки к промышленному освоению новых участков, в том числе Краснослободского и Дарасинского. В 1993–1997 гг. выявлено, предварительно разведано и оценено Октябрьское месторождение калийных солей.

В становлении калийной отрасли Беларуси тесно переплетены геологоразведочные работы и научные исследования. Научным обеспечением первых занимались специалисты ведущих научных организаций Советского Союза [5, 10]. Наиболее значимые достижения в изучении соленосных формаций Припятского прогиба в течение многих десятилетий вносили специалисты Белорусского научно-исследовательского геологоразведочного института.

В разрезе калиеносной субформации Припятского прогиба в составе соленосных отложений отмечается большое количество пластов и прослоев хемогенно-терригенных пород, свидетельствующих о значительном континентальном влиянии в период формирования солеродного бассейна. Во многом это послужило мотивом для приглашения в г. Минск в 1956 г. известного специалиста по изучению континентального галогенеза доктора геолого-минералогических наук В.Н. Щербины. В развитие белорусской научной соляной школы огромный вклад внесли выдающиеся отечественные геологи М.П. Фивег, А.А. Иванов,

М.Г. Валяшко, А.Е. Ходьков, А.Л. Яншин, С.М. Корневский и др.

Исследования Припятского калиеносного бассейна развивались по нескольким научным направлениям, включая теоретические фундаментальные и прикладные проблемы галогенеза. Уникальность проведенных работ в том, что они выполнены в режиме оперативного анализа обширной геолого-геофизической и минералого-петрографической информации по новому Припятскому калиеносному бассейну в пределах Восточно-Европейской платформы [4, 5, 7, 8, 11]. Использование системного подхода позволило заложить методологические основы в решение многих проблем. Среди важнейших итогов следует отметить разработку схемы индексации калийных горизонтов, расчленение разрезов соленосных формаций и корреляцию залежей Северного, Центрального и Южного ареалов структурных форм Припятского прогиба, изучение распространения, строения и состава нижней соленосной толщи и выявленных в ней калийных залежей (рис. 1), литолого-фациальных особенностей надсолевых девонских отложений.

Особое место принадлежит прогнозной оценке калиеносности территории Припятского прогиба. На основании разработанных поисковых критериев были выделены Копаткевичский, Новодубровский, Житковичский, Смолковский, Дроздовский, Светлогорский и другие участки, Октябрьское месторождение, детально исследованы Старобинское, Петриковское, Октябрьское и основные перспективные участки.

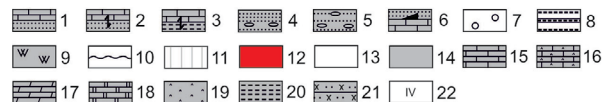
Результаты исследований, ставшие в прямом смысле этого слова классическими, сочетающими решение теоретических и прикладных проблем, были опу-

бликованы в сотнях статей и сконцентрированы в монографиях [4, 6, 13], которые до сих пор являются настольными книгами по крайней мере трех поколений геологов, занимающихся изучением соленосных формаций и вопросами безопасности и повышения эффективности работы рудников, основой научных исследований, геологоразведочных и горных работ, широко используются и цитируются специалистами за рубежом.

За годы, прошедшие с момента открытия Старобинского месторождения, накопилось большое количество довольно разнородных геолого-геофизических данных. Результаты вчерашних геологических исследований во многом определили сегодняшний этап развития калийной отрасли в Республике Беларусь, успехи которой во многом были обеспечены правильными взаимоотношениями между производственными работами и научными исследованиями. Стагнация геологоразведочной отрасли 90-х гг. прошлого столетия привела к затормаживанию развития геологии соленосных формаций, требующих как большого количества достоверных исходных геологических данных, так и глубоких теоретических знаний. Почти полное прекращение финансирования фундаментальных работ усугубляется резким обеднением (до полного отсутствия) необходимого оборудования для проведения исследований.

В настоящее время работы по оперативному анализу и решению задач рудничной геологии выполняются в ОАО «Белгорхимпром». В филиале «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии» в последние годы проводились и проводятся исследования в рамках нескольких проблем.

Система	Отдел	Ярус	Геологические события	Формации	Мас. мощность формации, м	Характеристика формации
Триасовая	T ₁₋₂		Формирование пострифтовых молассоидов		1375	Терригенные пестроцветные молассоиды
Пермская	P ₂	Татарский	Тангенциальное сжатие, поднятие и эрозия.			
		Казанский				
		Уфимский				
	P ₁	Кунгурский	Пострифтовое осадконакопление в изолированных приосновных комплексных мутьях		785	Соленосная сульфатно-хлоридная
		Сакмарский				
		Асеевский			55	Терригенно-карбонатная
Каменноугольная	C ₃	Гжельский	Рифтогенез			
		Касимовский				
	C ₂	Московский		Поздняя фаза	367	Карбонатно-терригенная
		Башкирский			246	Паралические карбонатно-терригенные угленосные пестроцветные
		Серпуховский		(неоднократная смена континентального и мелководного морского осадконакопления)	186	Сероцветная
	C ₁	Визейский			400	Терригенная каолиново-угленосная
		Турнейский			170	Карбонатно-терригенная
		Фаменский		Главная фаза	1600	Сероцветные надсолевая карбонатно-терригенная сланцевая, сульфатноосная, верхняя соленосная, вулканиты щелочно-ультраосновные до щелочно-базальтоидных
					1400/3000	
					1350	Терригенно-сульфатно-карбонатная (межсолевая)
Девонская	D ₃	Франкий		Начальная фаза	1900	Нижняя соленосная, вулканиты щелочно-базальтоидного состава
					320	Доломито-известково-мергельные, сульфатноосные
					90	
	D ₂	Живетский		Предрифтовое растяжение и опускание, обособление прогиба	220	Терригенно-карбонатные
		Эйфельский			115	
	D ₁	Эмский		Тангенциальное сжатие, поднятие и эрозия		
		Правский				
		Лохковский				Коры выветривания



Формации 1-9 (1 - терригенно-карбонатная, карбонатно-терригенная; 2 - терригенно-сульфатно-карбонатная, сульфатно-карбонатно-терригенная; 3 - сульфатно-карбонатно-глинистая, глинисто-сульфатно-карбонатная; 4 - терригенная; 5 - терригенная молассоидная; 6 - карбонатно-терригенная угленосная паралическая; 7 - соленосная; 8 - соленосно-терригенная; 9 - щелочно-ультраосновная); 10 - несогласное залегание пород; 11 - перерывы в осадконакоплении; породы 12-21 (12 - калийные соли; 13 - каменная соль; 14 - галопелиты; 15 - известняки; 16 - карбонатно-сульфатная порода; 17 - мергели; 18 - доломиты; 19 - ангидриты; 20 - глины; 21 - песчаники); 22 - номер ритмопачки. Буквы обозначают цвет пород: Пц - пестроцветная, Сц - сероцветная

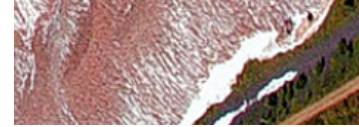


Рис. 1. Геологический разрез осадочного чехла Припятского прогиба [4]

ПРОБЛЕМА 1. Оценка взаимосвязи соленосных толщ и калиеносности.

В решении этой проблемы выделяются два аспекта: оценка потенциальной калиеносности соленосных толщ и оценка продуктивности потенциально калиеносных образований. Вопросы потенциальной калиеносности соленосных толщ Припятского прогиба в той или иной степени решены в процессе проведения геологоразведочных и научно-исследовательских работ [11]. Калиенасыщенность разреза калиеносной субформации (отношение суммарной мощности калийных проявлений и горизонтов к общей мощности) средневерхнефаменской соленосной толщи показана на рис. 2 и характеризует связь калиенасыщения с депрессионными структурами, отражая главную роль тектонического фактора в размещении калийных залежей.

Продолжены исследования, связанные с комплексным обоб-



щением геологических материалов по потенциальной калиеносности Припятского прогиба и оценкой продуктивности промышленно значимых и высокоперспективных объектов [4, 5, 11]. Уточнен сводный геологический разрез осадочного чехла Припятского прогиба, характеризующий стратиграфическое положение соленосных толщ в разрезе платформенного чехла с оценкой положения относительно этапов рифтогенеза, дополненный уточненными геологическими разрезами соленосных формаций прогиба (рис. 1). Совокупность литологических признаков в разрезах соленосной формации, приуроченных к различным элементам палеоландшафта в Припятском бассейне, проанализирована на основе новой тектонической делимости прогиба, учитывая особенности Северного и Центрального структурных ареалов и унаследованность развития тектонической обстановки в главную фазу рифтогенеза [1, 2]. Условия седиментации определяются энергетическим состоянием среды, соотношением скоростей прогибания и осадконакопления в разных по типу внутренних и пограничных зонах: активного водообмена на мелководном шельфе и на границе суши и мелководного шельфа; затрудненного водообмена на склонах впадин; активного водообмена на границе суши и склонов впадины; малоподвижных вод на защищенных участках шельфа; активного водообмена на границе с защищенным участком шельфа и склона.

Негативную роль для оценки изменчивости строения и состава калийных залежей, уменьшения геологических неопределенностей и выявления геологических аномалий разного типа, осложняющих горно-геологические условия

разработки, играет отсутствие бурения новых разведочных скважин и постоянно действующего мониторинга разного назначения в подземных горных выработках.

Проведено прогнозно-минерагеническое районирование и составлена картосхема территории Припятского прогиба на калийные соли, что весьма целесообразно и актуально в качестве основы для очередной, плановой переоценки ресурсов, уточнения прогноза размещения перспективных участков в пределах Припятского прогиба на кратковременную и долгосрочную перспективу и выбора главного направления геологоразведочных работ. Картосхема включает обобщенную информацию не только о состоянии перспективной системы региона, но и ряд дополнительных сведений о степени освоенности ресурсов и количественной локализации остаточных ресурсов калиеносной субформации, учитывая возможности шахтного способа разработки. Являясь завершающим документом, она характеризует средневерхнефаменскую калиеносную субформацию по состоянию на 01.01.2021 г. [5, 9] и представляет районирование Припятского калиеносного бассейна по текущему потенциалу калиеносности. Графический синтез накопленных обширных геологических знаний о Припятском прогибе, осмысленных в рамках современной методологии прогнозной геолого-экономической оценки запасов твердых полезных ископаемых, является базой для организации рациональной разработки остаточных ресурсов полезного ископаемого региона, планирования разработки месторождений и дальнейших геологоразведочных работ на калийные соли.

ПРОБЛЕМА 2. Уточнение и детализация ранее выявленных закономерностей временной и пространственной приуроченности калийных залежей, относящихся к разным гиперсоляным ассоциациям.

Механизм формирования структурно-вещественных комплексов соленосных формаций Припятского прогиба связан с геоструктурным развитием солеродного бассейна, начиная с формирования тектонической депрессии с глубоким погружением поверхности фундамента в области континентальной земной коры. Для обобщения результатов геолого-геофизических исследований использован структурно-формационный принцип. С учетом данных плитно-тектонических палеореконовструкций среди главных черт среднепозднедевонской эпохи соленакопления выделены закономерности, определяющие совпадение с эпохой диастрофизма, тектонической (и кинематической) перестройки, локализацию в пределах активного пояса соленакопления [1, 4]. Отложения соленосных формаций девона обусловили региональные циклы седиментации в бассейне с эволюционирующей конфигурацией и субширотной дифференциацией ландшафтов, эволюция которых обеспечивала образование закономерно структурированных сероцветных карбонатно-терригенных геогенераций [4, 7, 8].

Проанализировано распределение трансгрессивно-регрессивных последовательностей слоев в разрезах Северного и Центрального структурных ареалов Припятского прогиба от крайних западных частей территории до северо-востока, формирующихся в бассейнах с аридным

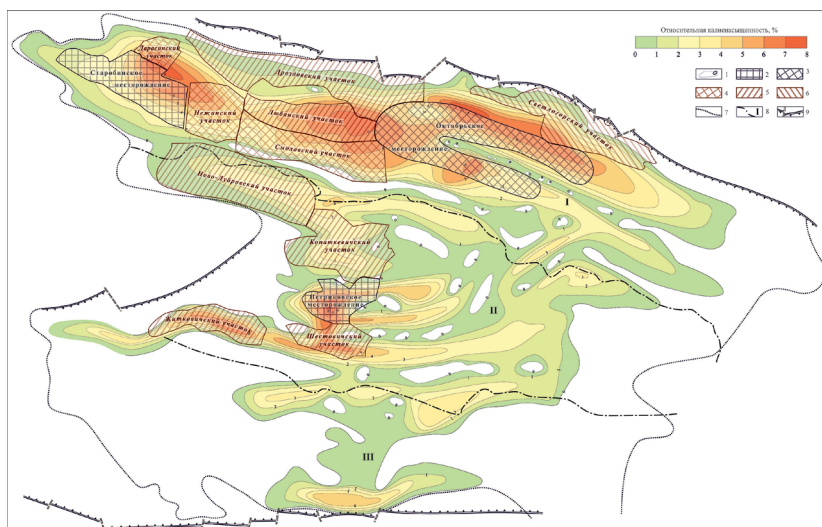


Рис. 2. Схематическая карта относительной калиенасыщенности разреза средне-верхнефаменской калиеносной субформации Припятского прогиба: 1 – изолинии относительной калиенасыщенности (отношение суммарной мощности калийных горизонтов к мощности субформации, %); 2–3 – контуры месторождений калийных солей (2 – разрабатываемых, 3 – подготовленных к промышленному освоению); 4–6 – контуры перспективных участков (4 – подготовленных к промышленному освоению, 5 – рекомендуемых для предварительной разведки, 6 – рекомендуемых для поисково-оценочных работ); 7 – граница распространения средневерхнефаменской галитовой субформации; 8 – граница структурных ареалов (I – Северный, II – Центральный, III – Южный); 9 – тектонические разломы, ограничивающие Припятский прогиб

типом литогенеза, отражающих латеральные ряды градаций со сменой палеоландшафтов.

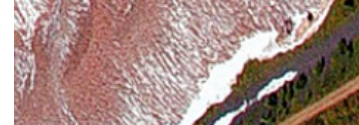
Показано, что при оценке калиеносности и локальном прогнозе на калийные соли наиболее важным является геоструктурное положение региона: формирование в отрицательных структурах, имевших связь с океаном (морским бассейном); наличие в разрезе соленосных серий комплексов пород завершающих циклов галогенной седиментации; расположение калийных залежей в пределах впадин дна галитовых бассейнов; условия залегания и особенности проявления внутренней тектоники [4, 5, 8]. Степень ценности различных критериев может меняться, но компенсировать погрешности того или иного поможет применение комплекса методов исследования.

С учетом современного состояния теоретических основ оценки калийного рудогенеза в соленосных формациях обоснованы структурно-вещественные критерии и их применимость для литогенетических реконструкций девонских хлоридных соленосных комплексов. Впервые для Припятского внутриконтинентального рифта сформирован диагностический комплекс, включающий стратиграфические, тектонические, палеогеодинамические, структурные, минерогенические и другие критерии и ситуационные признаки, используемые при оценке соленосных формаций с выделением ранга категорий разного иерархического уровня – обязательные, характерные, дополнительные, частные [8].

Впервые разработан комплекс ситуационных свойств, включа-

ющий фациально-ландшафтные и эндогенные показатели, связанные с конкретной геодинамической обстановкой Припятского внутриконтинентального рифта. Проанализированы реальные проявления эндогенных процессов – характер геодинамических напряжений, типы и мощности коры и литосферы, вулканизм, сейсмичность, тепловой и флюидный потоки, контрастность рельефа в седиментационных обстановках. Эндогенные характеристики, несмотря на использование реконструируемых данных, носящих в основном ориентировочный характер, имеют большое диагностическое значение. Вулканогенные, сейсмотектонические, гидротермальные параметры обязаны различным синседиментационным проявлениям эндогенной активности и входят в группу ситуационных особенностей соленосных тел разного ранга, влияющих на реально наблюдаемые вещественные и структурные пространственно-морфологические процессы. В начальный период внутриконтинентального рифтогенеза в Припятском прогибе потеря сплошности литосферы должна была вызывать интенсивную эксгальтацию глубинного вещества, выносившую максимальные количества тепла перегретыми парогазовыми струями. По данным палеотемпературных измерений, в газовой-жидких включениях в каменной соли калийной стадии галогенеза температура рапы в верхнефаменском Припятском солеродном бассейне перед садкой калийных солей достигала 80–90 °C [3, 5].

Зарождение и интенсивное развитие внутриконтинентальной рифтовой структуры сопровождалось активным подкоровым вулканизмом, о чем свидетель-



ствует появление в разрезе туф-фитов и туфогенных глинисто-алевролитовых пород (камуфлированная пирокластика) – единственный прямой показатель влияния на процессы соленакопления и калийный рудогенез вулканической деятельности [10, 12]. В пределах Припятского прогиба она была сосредоточена не только вдоль прибортовых разломов глубокого заложения, ограничивающих центральную рифтовую часть структуры, но и в значительной степени локализована в узлах пересечения с зонами протерозойской складчатости.

Вулканическая и поствулканическая активность в средневерхнефаменском солеродном бассейне Припятского палеорифта могла способствовать, с одной стороны, увеличению концентрации солей на более ранней стадии развития солеродного бассейна за счет существенной интенсификации испарения вод, а с другой – оказывала влияние на изменение геохимической обстановки в стадию седиментации, обогащая раствор хлористым кальцием, участвующим в формировании хлоридно-кальциевого подтипа вод. Тонкий пирокластический материал также обуславливал поглощение влаги и дополнительное концентрирование растворов, подчеркивая двойственность механизма сближения

объемов твердых и жидких фаз за счет кристаллизации солей и поглощения жидкой составляющей кластогенным материалом [3].

Девонское калиенакопление относится к хлоридно-кальциевому подтипу хлоридного химического типа с основными изменяющимися компонентами минерального состава: сильвин, карналлит, нерастворимый остаток. Генетически ориентированная структурно-вещественная типизация калийных горизонтов разработана на основе системного подхода – выделены красноцветная и пестроцветная гиперсоляные ассоциации [10]. Данный подтип свидетельствует о большом влиянии континентального литогенеза, включая высокоскоростные механизмы поступления кластогенного (рециклиты) и вулканогенного материала, а также флюидодинамические процессы (поступление гидротермальных вод и элизионная разгрузка подземных вод) [8].

Сложность рассмотрения стадийности калийного рудогенеза Припятского бассейна связана с существованием калийных залежей выделенных нами двух различных гиперсоляных ассоциаций. Их принципиальное различие – первичная минеральная форма калийных соляных минералов. Если для красноцветной ассоциации характерна первич-

ная (по структурной характеристике) кристаллизация сильвина из десцендентных растворов выщелачивания карналлита, то в пестроцветной основная масса сильвина возникла на стадии раннего и позднего диагенеза (а возможно, и позднее), при этом часть сильвина – продукт одновременной садки карналлита по модели сухого озера в галитовых берегах. Представителями первой являются основные промышленные калийные горизонты Старобинского месторождения, второй – большая часть Петриковского.

Простой минеральный состав (сильвин, галит, карналлит) залежей в месторождениях калийных солей хлоридного геолого-промышленного типа, к которым относятся и Старобинское, и Петриковское месторождения, вуалирует характер происходящих постседиментационных процессов и препятствует оценке степени искаженности первично отлагающегося вещества. Фактически продуцируются одни и те же соляные минералы, меняются лишь фрагменты и структурные соотношения (характер границ, форма зерен, включения и т.д.). Неслучайно до сих пор не определены и не показаны признаки постседиментационных стадий, а в геологическом сообществе продолжает существовать мнение о влиянии преимущественно



Рис. 3. А – дизъюнктивное нарушение в разрезе III калийного горизонта. Старобинское месторождение; Б – строение разреза III калийного горизонта. Старобинское месторождение. Пример залежи красноцветной гиперсоляной ассоциации; В – строение разреза горизонта IV-п в шахте Петриковского месторождения. Пример залежи пестроцветной гиперсоляной ассоциации

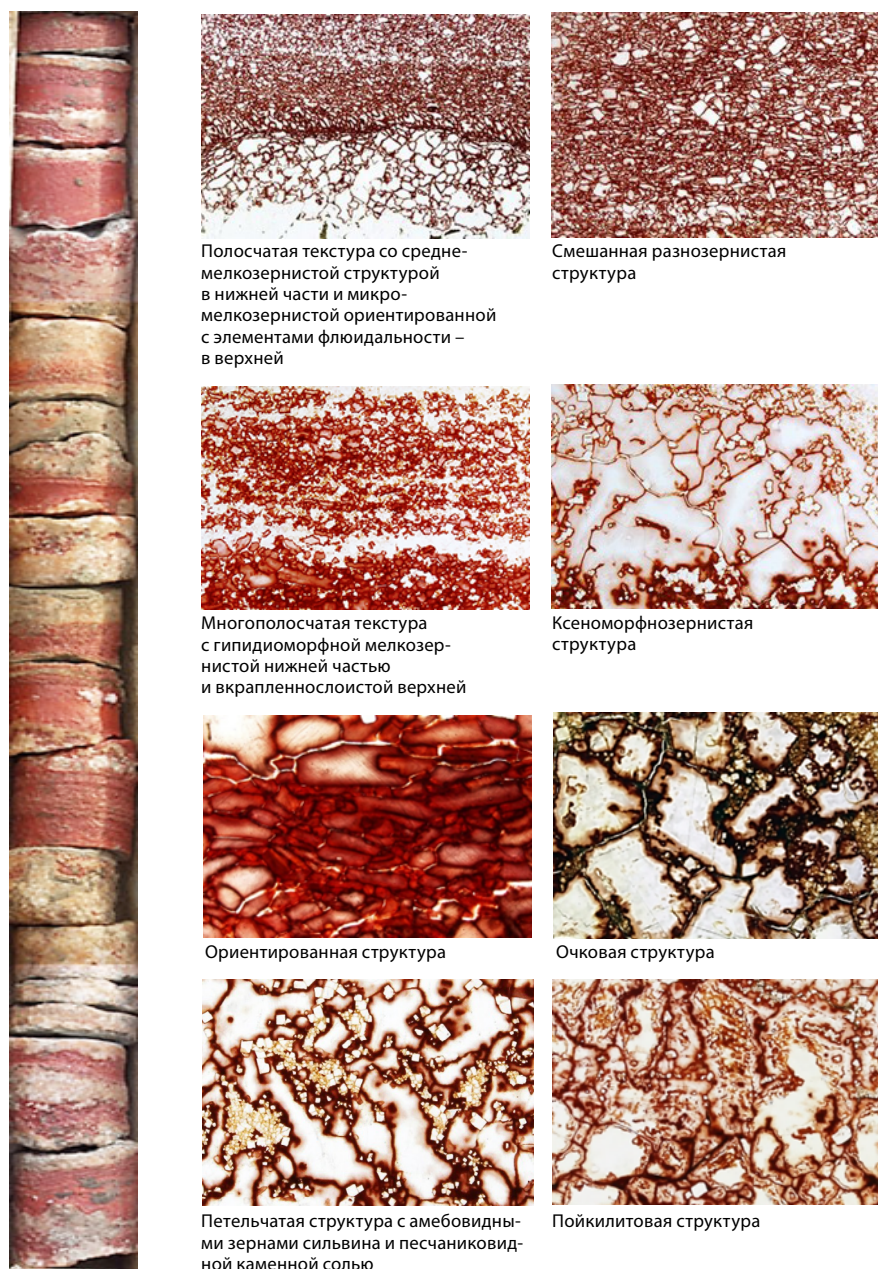


Рис. 3. Строение залежей красноцветной гиперсоляной ассоциации и структурно-текстурные особенности сильвинитов [15, 16]

седиментационного этапа на историко-геологическое развитие месторождений калийных солей хлоридного типа, основанное главным образом на макротекстурных особенностях соляных отложений.

Разработаны генетические модели формирования калий-

ных горизонтов красноцветной и пестроцветной гиперсоляных ассоциаций, характерных для залежей Припятского калиеносного бассейна. Стадиально-литогенетическая модель хлоридного калийного рудогенеза предполагает сочетание и конвергентность развития процес-

сов, протекающих в открытой и закрытой системах и может быть использована при решении проблем литологии галогенных формаций, а также при локальном прогнозе степени, характера и структуры изменчивости продуктивных слоев залежей.

ПРОБЛЕМА 3. Прогнозно-технологическая оценка калийных руд, основанная на исследовании природных типов калийных руд разных гиперсоляных ассоциаций в залежах Припятского калиеносного бассейна и выделении технологических типов с целью повышения эффективности передела.

В начале XXI в. в БелНИГРИ впервые были начаты исследования по прогнозно-технологической оценке залежей Припятского прогиба, относящихся к разным гиперсоляным ассоциациям. Были обобщены все имеющиеся материалы и пересмотрены тысячи шлифов с целью детализации, уточнения и создания типизации микроструктурного облика природных типов и разновидностей калийных руд (рис. 3, 4).

Сравнение красноцветной и пестроцветной гиперсоляных ассоциаций, сложенных тремя соляными минералами (галитом, сильвином, карналлитом) и хемогенно-терригенными примесями в качестве нерастворимого остатка, свидетельствует о том, что основой первичного минерального состава являются галит и карналлит.

Неоднозначность идентификации сложных морфоструктурных особенностей соляных пород связана с многообразием форм кристаллизации/осаждения вещества, специфическими особенностями галогенной седи-

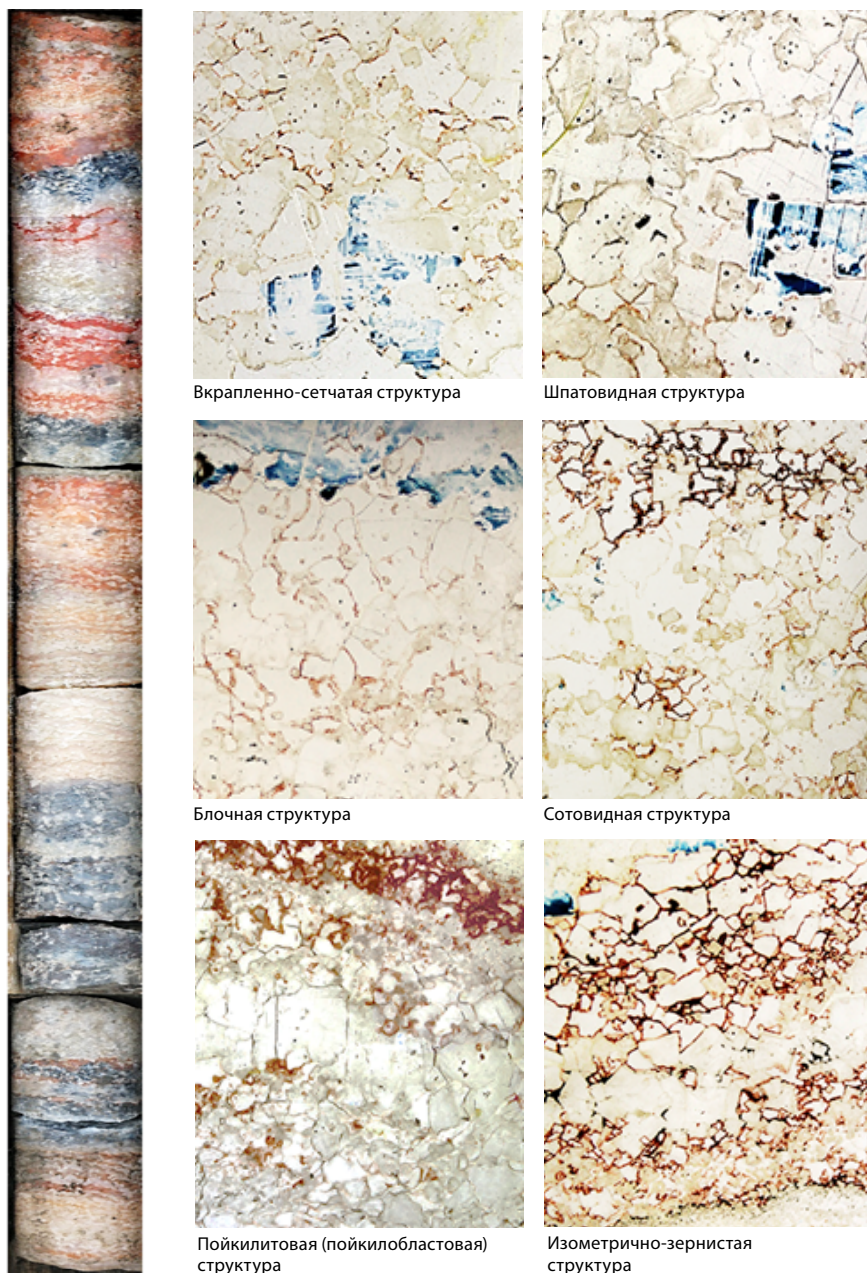


Рис. 4. Строение залежей пестроцветной гиперсоляной ассоциации и структурно-текстурные особенности сильвинитов [15, 16]

ментации (ранняя литификация осадка, химическая подвижность минералов, высокая способность к растворению) и меняющимися условиями постседиментационных процессов в стадию существования залежи. Разнообразие структурно-текстурного облика соляных пород, и в частности

калийных руд Припятского калиеносного бассейна, как и в любом месторождении минеральных солей, определяется процессами, происходящими на разных стадиях литогенеза.

Впервые при исследовании шлифов выявлены типы деформаций, возникающих на стадии

позднего диагенеза-катагенеза вплоть до термодинамометаморфизма. Преобразование пород в постседиментационный период во многом обусловлено механизмами формирования гиперсоляных ассоциаций с различными физико-механическими свойствами (хрупкость, пластичность и др.) пород, которые ответственны за появление деформационных дислокаций. Так, в горизонтах красноцветной ассоциации, сложенных чередованием соляных и хемогенно-терригенных пород, основная роль принадлежит деформациям, определяющимся хрупкостью. Это относится также и к роли дизъюнктивных дислокаций, приуроченных к такому типу соленосных формаций. Условия деформации свойственны разрывы хрупкого типа, при этом породы подвергаются дроблению, и трещины выполнены нередко брекчиями.

В чистых соляных разрезах горизонтов пестроцветной ассоциации отмечаются рост пластичных деформаций и влияние растворяющего эффекта флюидного фактора, способствующих развитию бластеза зерен, созданию флюидалных и леденцовых структур, обесцвечиванию и «оплавлению» зерен сильвина, что нередко свидетельствует о влиянии сдвиговых дислокаций.

Не секрет, что работы по технологическому изучению калийных руд проводятся в недостаточном объеме и с малым диапазоном технологических решений, недооценивается значение геологоразведочного цикла, игнорируется отбор представительной технологической пробы. Между тем роль таких исследований значительно возрастает в связи с освоением месторождений с новыми природными и технологическими

типами руд, отработкой ранее не использовавшихся калийных залежей, сложностью точного определения главных характеристик (прежде всего степени раскрытия зерен).

Ценность «оценки качества» калийных руд определяется использованием рационального комплекса минералогическо-петрографических и технологических исследований, а выявленные текстурно-структурные особенности, форма нахождения полезного компонента (свободная или в сростании) и общий минеральный состав в совокупности определяют качество руды, превращая полезное ископаемое в минерально-сырьевой объект.

Для ведения такого рода работ «с правильным выбором правильных методов» необходимо использование современного оборудования с упором на методы неразрушающего контроля. В настоящее время современное аналитическое оборудование и технические средства для оценки природных микроструктурных особенностей соляных пород, калийных руд и технологических объектов отсутствуют, в том числе оборудование для изготовления большеразмерных соляных шлифов.

Роль технологической изученности калийных руд в настоящее время значительно возрастает в связи с освоением новых месторождений с новыми природными и технологическими типами руд (среди месторождений калийных солей даже одного геолого-промышленного типа нет ни одного полностью аналогичного); отработкой руд на флангах месторождения и калийных залежей, ранее не использовавшихся при разработке; сложностью точного определения главных характеристик калийных руд (прежде всего степени раскрытия зерен).

При решении задач обогатимости калийных руд работы проводились совместно с технологами ОАО «Белгорхимпром».

Разработана методология оценки структурно-вещественных особенностей и контроля технологических проб в формациях хлоридного геолого-промышленного типа, которая является частью экспрессной шкалы минерального сырья на всех стадиях геологического изучения (прогноз, поиски, разведка) и освоения месторождения, определяя набор и последовательность операций технологического тестирования. Подготовлен рабочий вариант Требований к изучению вещественного состава технологических проб калийных руд Припятского калиеносного бассейна при проведении геолого-разведочных работ и представлены рекомендации по формированию межгосударственного нормативного документа.

ПРОБЛЕМА 4. Комплексная оценка пространственно-временной трансформации разреза галогенных и нефтегазовых формаций Припятского прогиба в условиях территориально совмещенных месторождений нафтидов и минеральных солей.

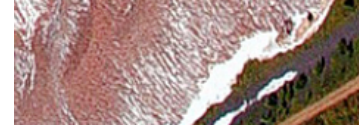
Работа инициирована впервые с основной целью проведения районирования Припятского прогиба по распределению категоризированных проявлений, залежей и многозалежных месторождений углеводородов и калийных солей с последующим рассмотрением вариантов последовательности разработки пространственно совмещенных месторождений в пределах одной территории.

В последние годы горная промышленность претерпевает существенную трансформацию: при резко возрастающих масштабах добычи калийных солей заметно усложнились природные условия эксплуатации месторождений, увеличилась нагрузка на геологическую среду, изменились геомеханические равновесия подземного пространства. Горное производство, в том числе и вскрытие залежей нефти, имеет тенденцию к переходу на освоение объектов нового типа, залегающих на больших глубинах в сложных горно-геологических условиях.

Поведение горного массива как естественного природного образования при проведении подготовительных и прогнозных манипуляций для оценки геологических рисков при территориально совмещенной разработке залежей калийных солей и углеводородов нередко сложно спрогнозировать. Способ и очередность действий при этом определяется совокупностью пространственных «статистических» геологических данных, структура технологии – степень изменчивости параметров и показателей, характеризующих внутреннее строение месторождения.

При рассмотрении проблемы освоения калийных руд и залежей нефти в Припятском прогибе следует учитывать типы территорий с разной временной последовательностью разработки [17]. Нами выделены 4 ситуации, три из которых характерны для Северного ареала структурных форм:

- **в западной части ареала**, где в течение почти 60 лет активно разрабатывается Старобинское месторождение, не проводились поисково-оценочные работы на углеводородное сырье. В разрезе осадочного



чехла в пределах действующих шахтных полей ОАО «Беларуськалий» фактически отсутствует галитовая субформация, либо наблюдаются ее фациальные аналоги. Предусмотрена прогнозная оценка перспектив нефтегазоносности Старобинской центриклинали как недостаточно изученной части Припятского прогиба, тем более, что в разведочных скважинах, пробуренных на калийные соли в соленосной формации отмечаются проявления битумов [17];

- **для центральной части ареала**, где расположены Нежинский и Смолковский участки «Большого» Старобинского месторождения, а также Любанское месторождение калийно-магниевых солей, которые подготавливаются для разработки, характерно развитие зон нефтенакпления, наличие подготовленных нефтеперспективных структур и выявленных месторождений нефти. Добыча здесь будет вестись шахтными комплексами, вследствие чего необходимо рассмотреть возможность обеспечения механизма компенсирующего пластового давления и геологической обстановки в целом для последующей отработки месторождений нефти;
- **на востоке ареала**, где идет активная добыча нефти и имеются разведанные залежи калийных солей III этажа калиеносности (Октябрьское месторождение), промышленная разработка планируется в отдаленном будущем; тем не менее уже сейчас необходимо предусмотреть создание нормативно-правовой и документальной технической базы для будущих про-

ектов, принимая во внимание имеющиеся ресурсы скважин разного типа и назначения. В частности, добыча здесь нефти может привести к нарушению сплошности пород калийных пластов, что непосредственно усложнит их отработку и создаст условия для затопления. Рекомендуется проанализировать влияние добычи нефти на безопасность разработки месторождения калийно-магниевых солей; спрогнозировать оседания земной поверхности на нефтяных месторождениях региона, влияние добычи нефти на напряженно-деформированное состояние калийной залежи;

- **на западе Центрального ареала структурных форм**, где в настоящее время разрабатывается Петриковское месторождение калийных солей, значительно отличающееся от Старобинского как по горно-геологическим условиям залегания, так и по характеру руд, возникают вопросы с особенностями строения и гидрогеологией водозащитной толщи, так как ее сохранность является основным условием безопасной отработки месторождений калийных солей. В этом районе Припятского грабена в нефтегазоносных комплексах выявлена сложная мозаичная картина распространения традиционных и нетрадиционных коллекторов и показаны возможные перспективы нахождения неструктурных ловушек, а также нетрадиционных залежей углеводородов как в межсолевом, так и подсолевом комплексе. Последнее обстоятельство предполагает использование новых технологий добычи углеводородов.

Рассматривая проблемные вопросы, возникающие при совместной разработке залежей нефти и месторождений калийных солей, необходимо исключить возможные негативные последствия данного процесса.

Несмотря на выделенные периоды в развитии солевого направления в Беларуси, различающиеся объектами и масштабами изысканий, нельзя не отметить главное и объединяющее стремление следовать четким методологическим принципам и выдерживать стратегическую линию государственных геологических исследований.

Освоение новых месторождений калийных солей – трудоемкий и наукоемкий процесс. Калийная отрасль в дальнейшем будет продолжать свое развитие в двух направлениях – территориальная экспансия и повышение качества переработки минерального сырья. Уже сейчас значительно расширяется рынок возникающих в пределах стран СНГ (Россия, Казахстан, Узбекистан, Туркменистан) новых калийных предприятий. Меняются такие показатели, как глубина залегания продуктивных пластов (анализ временной динамики свидетельствует о значительном увеличении глубины разработки), мощность и характер водозащитной толщи, складчатость пластов и др., повышаются категории сложности горно-геологических условий новых месторождений или новых участков уже разрабатываемых, что вызывает появление целого ряда горнотехнических сложностей.

Отечественное горнодобывающее производство стоит перед сложнейшей проблемой повышения конкурентоспособности, главным условием решения которой является существенное улучшение качества и снижение

себестоимости добытых и доведенных до товарного вида полезных ископаемых. Необеспечение данного условия может привести к самым негативным последствиям, вплоть до финансовой несостоятельности предприятий.

Невозможно отрицать, что геологами на предыдущих этапах создана мощная подушка безопасности для дальнейшего развития калийной отрасли. Можно надеяться, что наши последователи сохранят традиции геологического изучения и освоения Припятского соленосного бассейна, будут гордиться достижениями и победами, не забудут причины ошибок и учтут их. Эффективная и экономически оправданная эксплуатация минерально-сырьевой базы калийных солей в Беларуси требует уточнения методологии локального прогноза, определения критериев выбора последовательности освоения перспективных участков, проведения прогнозно-

минерагенических работ с целью формирования поискового задела на основе современных научных достижений в области наук о Земле. Необходимы разработка и внедрение инновационных подходов к оценке качества, технологиям добычи, переработки, обогащения и модификации сырья, включая калийно-магниевого руды; геолого-экономическая переоценка нераспределенного фонда недр с учетом тенденций развития мирового рынка.

Следует провести гармонизацию и пересмотр нормативно-технической документации для оценки качества и технологических свойств калийного сырья на основе микроструктурных особенностей, а также внедрить минералого-технологическое картирование. Ведущую роль в этом процессе играет квалитетическая оценка запасов руд и, в частности, совершенствование методов оценки и моделирова-

ния месторождений минерального сырья, обуславливающих комплексное использование геологической информации, ее полноту и достоверность, в связи с чем исследования такого рода являются актуальной научной задачей.

Для предприятий ОАО «Беларуськалий», основная часть продукции которых идет на экспорт, существует объективная необходимость использования современных методических подходов к комплексной оценке качества полезных ископаемых, безопасности и экологичности их использования, технического уровня и конкурентоспособности производства.

Не менее важна подготовка в белорусских вузах специалистов, привлечение для чтения лекций ведущих ученых, разработка научно-образовательной программы на основе последних достижений фундаментальных наук. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Айзберг Р.Е., Старчик Т.А. Синрифтовая геодинамика Припятского прогиба / Р.Е. Айзберг, Т.А. Старчик. — Минск, 2013.
2. Бескопильный В.Н. Пояснительная записка к картам структурного районирования подсолевого и межсолевого комплексов Припятского прогиба для решения задач эффективного освоения ресурсов углеводородов / В.Н. Бескопильный, Р.Е. Айзберг, Я.Г. Грибик. — Гомель, 2011.
3. Валяшко М.Г. Геохимические закономерности формирования калийных солей / М.Г. Валяшко — М., 1962.
4. Гарецкий Р.Г. Девонские соленосные формации // Р.Г. Гарецкий [и др.]. — Минск, 1981.
5. Денисова Н.Ю., Петрова Н.С. К 70-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей / Н.Ю. Денисова, Н.С. Петрова // Літасфера. 2019, N1(50). С. 170–174.
6. Гарецкий Р.Г. Калийные соли Припятского прогиба / Р.Г. Гарецкий [и др.]. — Минск, 1984.
7. Количественная и геолого-экономическая оценка ресурсов неметаллических полезных ископаемых: в 3 т. Агрохимическое сырье. Т. 1. — Казань, 2007.
8. Обровец С.М. Несолевыя породы верхнефаменской соленосной толщи Припятского прогиба / С.М. Обровец, А.С. Махнач, В.З. Кислик. — Минск, 1987.
9. Петрова Н.С. Припятский калиеносный бассейн: теоретические и прикладные аспекты структурно-формационного анализа / Н.С. Петрова // Вестник БГУ. 2016, №2. С. 91–95.
10. Петрова Н.С., Денисова Н.Ю. Роль геологической службы в открытии Старобинского месторождения калийных солей и развитии минерально-сырьевой базы калийной промышленности Республики Беларусь // Гармонизация нормативного регулирования научно-обоснованных мер экологической безопасности и адаптации к изменению климата в рамках Союзного государства. Материалы отраслевой науч.-практ. конф., приуроченной ко Дню белорусской науки. — Минск, 2024. С. 88–93.
11. Петрова Н.С. Прогнозно-минерагеническое районирование средневерхнефаменской калиеносной субформации в пределах территории Припятского прогиба / Н.С. Петрова [и др.] // Літасфера. 2024. №2 (61). С. 96–107.
12. Петрова Н.С. Специфические особенности калиеносных зон Припятского прогиба / Н.С. Петрова, Э.В. Седун, О.К. Ляхович // Литолого-фаціальныя і геохімічныя праблемы соленакаплення. М., 1985. С. 185–194.
13. Полезные ископаемые Беларуси. К 75-летию БелНИГРИ; редкол. П.З. Хомич [и др.]. — Минск, 2002.
14. Petrova Natalia S. Pyroclastic rocks in deposits of the potassic subformation of the Pripyat intracontinental palaeorift / Natalia S. Petrova // Geologia. T. 36. Quarterly AGH, zeszyt 3, 2010. P. 395–406.
15. Petrova Natalia S., Denisova Natalia Y. Geochemical analysis and petrochemical features of salt rocks from middle and upper famenian saliferous formation of the Pripyat through / Natalia S. Petrova, Natalia Y. Denisova // Przegląd Solny, Salt Review. T. 13. 2017. P. 141–145.
16. Petrova Natalia S. Lithogenetic typification of potash ores of the Pripyat potash-bearing basin / Natalia S. Petrova, Natalia Y. Denisova, Aliaksei V. Kyrkovich // Przegląd Solny, Salt Review. T. 14. 2018. P. 141–145.
17. Petrova N. Problems of the integrated development of the potassium salt and oil deposits geographically collocated in the Pripyat trough (Belarus). Problems of complex development of the territorially combined deposits of potassium salts and oil in the Pripyat trough (Belarus) / N. Petrova, N. Denisova, A. Kyrkovich // Mechanical Behavior of Salt IX, 12–14 September 2018, Hannover. P. 745–752.