

Строение и условия формирования калийных солей западной части Верхнепечорского соленосного бассейна

А.К.ВИШНЯКОВ, М.С.ВАФИНА (ФГУП Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых (ЦНИИгеолнеруд); 420097, Россия, Татарстан, г. Казань, ул. Зинина, д. 4),
О.О.ИГНАТОВИЧ (ООО «Полярноуралгеология», г. Сыктывкар, ул. Громова, 75)

По новым материалам оценочных работ освещаются литологическое, тектоническое строение, условия формирования и вторичные преобразования толщи сильвинитовых и карналлитовых пород западной части Верхнепечорского соленосного бассейна.

Ключевые слова: бассейн, Верхнепечорский, строение, формирование, соли калийные.

Вишняков Андрей Константинович
Вафина Марианна Спиридоновна
Игнатович Олег Олегович



technology-geolnerud@yandex.ru

ignatovich@mireko.ru

Structure and formation conditions of potash salts, western part of verkhnepechorsky salt-bearing basin

A.K.VISHNYAKOV, M.S.VAFINA (FSUE Central Research Institute of Nonmetallic Mineral Geology),
O.O.IGNATOVICH (Polar Urals Geology LLC)

Based on new materials of evaluation work, lithological and tectonic structure, formation conditions and secondary transformation of the sylvinite and carnallite rocks strata in the western part of Verkhnepechorsky salt-bearing basin are discussed.

Key words: basin, Verkhnepechorsky, structure, formation, potash salts.

Впервые планомерные работы по поиску калийных солей в пределах Верхнепечорского соленосного бассейна были проведены Ю.П.Фойгтом (Ухтинское ТГУ 1961–1963 гг.). Основные материалы этих исследований были опубликованы А.А.Ивановым и М.Л.Вороновой [7], а также освещены в работах других авторов [1, 5]. Оценочные работы по Якшинскому месторождению калийных солей и материалы нефтепоисковых скважин легли в основу более детального изучения Западной части Верхнепечорского бассейна.

Верхнепечорский соленосный бассейн расположен в наиболее опущенной юго-центральной части Верхнепечорской впадины Предуральского краевого прогиба [15]. Он является крупной синклиальной структурой, которая в результате миграции краевого прогиба оказалась наложенной на восточную часть Русской платформы и сопряженных с ней участков щитов, сводов и авлакогенов протерозойско-архейского возраста [3]. Осадочный чехол представлен породами палеозоя, начиная с турнейского яруса нижнего карбона и до верхов уфимского яруса (погоженская свита). Последние перекрываются с размывом кайнозойскими ледниково-моренными отложениями немской свиты (неоген),

поверх которых развиты озерно-аллювиальные, аллювиально-делювиальные и аллювиальные четвертичные отложения.

Галогенные отложения относятся к иренскому горизонту (курьинская свита) нижней перми. Общая мощность соленосной толщи в западной части бассейна достигает 254 м, а в восточной – до 400 м и более.

Верхнепечорская впадина (как и расположенный в ней соленосный бассейн) характеризуется асимметричным строением, обусловленным влиянием миграции на запад краевого прогиба воздымавшейся Палеоуральской горной системы. Рост горной системы всегда сопровождается возникновением складчато-надвиговых образований, которые и ограничивают впадину с востока. Для района соленосного бассейна – это зона курьинских антиклиналей, на восточных крыльях которых отмечаются разрывные нарушения надвигового типа. Анализ современных геоморфологических элементов дневной поверхности свидетельствует о том, что влияние Уральской горной системы продолжается в настоящее время и отображается в виде субмеридиональных участков современных речных долин и выявленных палеодолин [12, 13], которые, по-видимому,

приурочены к нарушениям (возможно, надвигово-го характера) осадочного чехла. С западной стороны Верхнепечорская впадина ограничена Джебельской структурой и Восточно-Тиманским мегавалом. Пересечение наложенной на Русскую платформу Верхнепечорской впадины и связанного с ней соленосного бассейна, древних субширотных нарушений рифейского фундамента обусловило её широтные ограничения: с севера – Среднепечорской, с юга – Полюдовской зоной поднятий (рис. 1).

Субширотные осложнения в краевых частях впадины и наличие в ее пределах субширотных участков речных долин свидетельствуют о возможном наличии подобных структур в фундаменте и внутри впадины. Поэтому по методике, ранее примененной для Верхнекамского месторождения калийных солей [3, 4], было проведено сопоставление с геоморфологическими элементами современной дневной поверхности, материалов по магнитным данным строения фундамента. Это позволило выявить аномалии, отражающие возможные особенности его строения, в виде субширотных и диагональных нарушений, предположительно типа сдвигов и сбросо-сдвигов (рис. 2). Часть выделенных нарушений пересекают территорию Якшинского месторождения калийных солей (см. рисунки 3, 4), разделяя его в основном на три зоны: северо-восточную (I), клиновидную западную (II) и южную (III). Заложение подобных нарушений по данным анализа развития их на востоке Русской платформы [2] могло произойти в рифее, с последующими фазами неоднократных возрождений в герцинский и альпийский циклы тектогенеза. В эти циклы блоки фундамента, ограниченные данными нарушениями, активизировались и в пермское время. Сами же нарушения отображались в породах осадочного чехла в активные периоды тектогенеза в виде ослабленных зон повышенной трещиноватости, в том числе и в галогенных отложениях, вызывая в них эпигенетические изменения за счёт миграции подсолевых и надсолевых вод.

Соленосная толща Верхнепечорского бассейна имеет пластовое строение. В её разрезе выделяются три литологические зоны: подстилающей каменной соли, калийно-магниевых солей и покровной каменной соли (рис. 5). Первая зона – переслаивание пластов каменной соли и галопелитовых пород. Последние представляют собой смесь пелитового материала водонерастворимых компонентов с галитом. Она подразделяется на четыре пачки по форме, цвету и составу включений, а также выдержанности, простиранию и мощности. По геофизическим данным в пределах этих пачек выделяются маркирующие горизонты ($МГ_1$ и $МГ_2$), представленные галопелитовой породой. Маркирующий горизонт $МГ_2$ – наиболее мощный (в среднем 18 м) расположен вблизи подошвы нижней пачки подстилающей каменной соли. Маркирующий горизонт $МГ_1$ находится в подо-

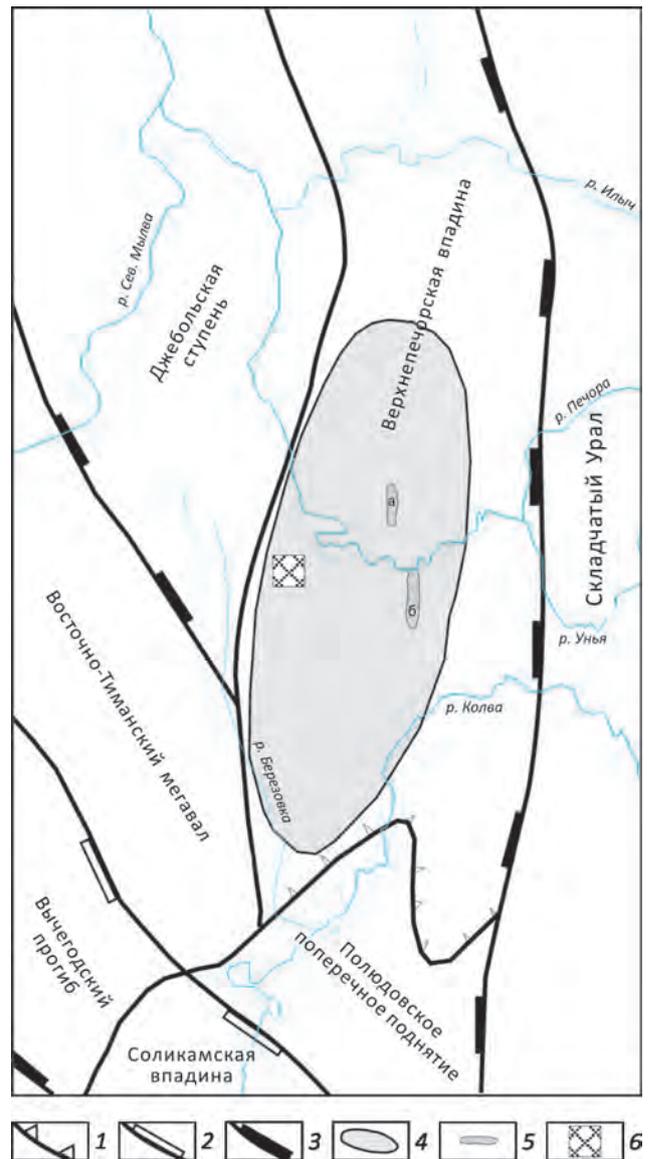


Рис. 1. Структурно-тектоническая схема южной части Верхнепечорской впадины. Составлена ГУП РК ТП, В.Н.Леденцовым (2013), с использованием материалов А.В.Иванова (1965), В.И.Богацкого (2007):

границы: 1 – структур I порядка, 2 – тектонических плит, 3 – надпорядковых структур; 4 – контур Верхнепечорского соленосного бассейна; 5 – контуры антиклиналей: а – Рассохинская, б – Курьинская; б – Якшинское месторождение калийно-магниевых солей

шве верхней четвертой пачки. Его средняя мощность 2,8 м. Полная мощность подстилающей каменной соли на западе бассейна составляет 157–218 м.

Границы зоны калийно-магниевых солей устанавливаются по кровле и подошве их крайних калиеносных пластов. Она представляет собой серию из 25 слоёв

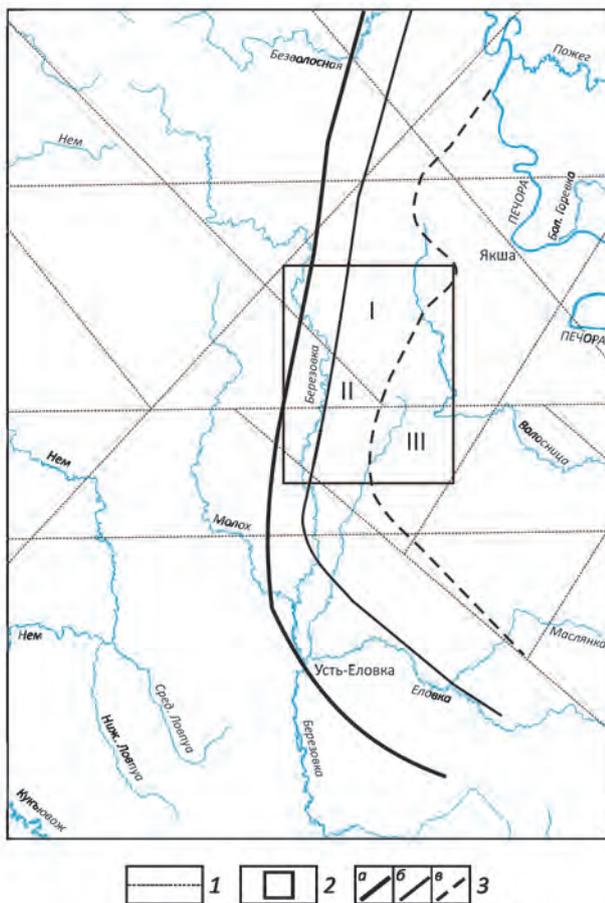


Рис. 2. Схематическая карта размещения возможных разломов фундамента в западной части Верхнепечорского соленосного бассейна. Составитель А.К.Вишняков:

1 – возможные разломы кристаллического фундамента; 2 – контур Якшинского участка; 3 – западные границы литолого-фациальных зон: а – калийно-магниевого отложений, б – карналлитовых пород в соленосной толще, в – сильвинитовых пород в соленосной толще; номера тектонических зон: I – центрально-северо-восточная, II – западная, III – южная

калийных и калийно-магниевого пород, чередующихся со слоями или более бедных подобных пород, или галит-галопелитовых пород и каменной соли. По геологическим и геофизическим параметрам эти слои объединены в 7 пластов, которые индексируются сверху вниз от 1 до 7. На северо-востоке месторождения, в одной из скважин выделяется восьмой пласт. Пласты разделяются межпластовой каменной солью, содержащей прослойки галопелитового материала. По литологическому составу калийно-магниевого участка состоит из двух подзон: калийно-магниевого и калийного. Первая сложена в основном карналлитовыми породами. Мощность её колеблется от 29,5 до 44,7 м, составляя в среднем 37,1 м. Средние содержания составляют (в %): MgO –

6,99, K₂O – 10,04, нерастворимого остатка (Н.О.) – 7,58. Вторая зона сложена различного вида сильвинитами. Мощность подзоны изменяется от 13 до 30 м, составляя в среднем 21,5 м. Среднее содержание (в %): MgO – 0,25, K₂O – 13,0, Н.О. – 10,38. Характерная особенность разреза калийно-магниевого участка – присутствие в ней большого количества водонерастворимой составляющей (в среднем 8,98%) в виде галопелитового материала. Общая мощность зоны калийно-магниевого участка достигает 74,7 м, составляя в среднем 38,8 м.

Зона покровной каменной соли развита повсеместно и представлена мелко-среднезернистой каменной солью с прослоями галопелитов. В верхней её части отмечается пласт калийных солей, индексируемый как верхний пласт (пласт ВП). Мощность его изменяется от 0,4 до 2,0 м (средняя 0,8 м). Западная граница пласта проходит восточнее общей границы развития калийных пластов на 2–4,5 км, местами достигая 10 км. Пласт представлен, в основном, сильвинитовой породой. Верхний пласт отделяется от толщи калийных солей зоной каменной соли мощностью в среднем 21 м. Общая мощность толщи покровной каменной соли в среднем составляет 39 м, за исключением той её части, которая расположена вблизи западной зоны выклинивания (возможно, выщелачивания) соленосной залежи, где её мощность сокращается до 0,4 м.

Все пласты калийно-магниевого участка хорошо коррелируются как между собой, так и по всей территории западной части Верхнепечорского соленосного бассейна и разделены межпластовой каменной солью со слоями галит-галопелитовых пород. В зависимости от мощности они могут содержать различное количество слагающих их слоев калийных или калийно-магниевого пород и внутрипластовой каменной соли. В связи с постепенной миграцией краевого прогиба во времени на запад, в пределах Якшинского месторождения в этом же направлении отмечается увеличение мощностей калийных пластов вверх по разрезу. Так, в пределах Якшинского месторождения максимальные мощности для самого нижнего 7 пласта отмечаются в восточной и центральной частях I зоны; для 6 пласта – только в центральных частях зон I, II и III; для 5 пласта – максимальное прогибание смещается еще далее в западном направлении и фиксируется в центре западной зоны II, где оно продолжает существовать до времени отложения пласта 1. Отложение последнего характеризуется развитием повышенной мощности пласта на западных частях зон I и III, выделяемых в пределах месторождения.

В калийно-магниевого подзоне каждый пласт представлен как карналлитовыми породами, так и сильвинитами (см. рисунки 3–5). Вдоль западной границы сильвинитов в этих пластах отмечаются сильвинит-карналлитовые и карналлит-сильвинитовые «смешанные» породы. Они представляют собой переслаивание слоев карналлитовой породы, сильвинита и каменной соли. В общем случае карналлитовые и «смешанные» породы

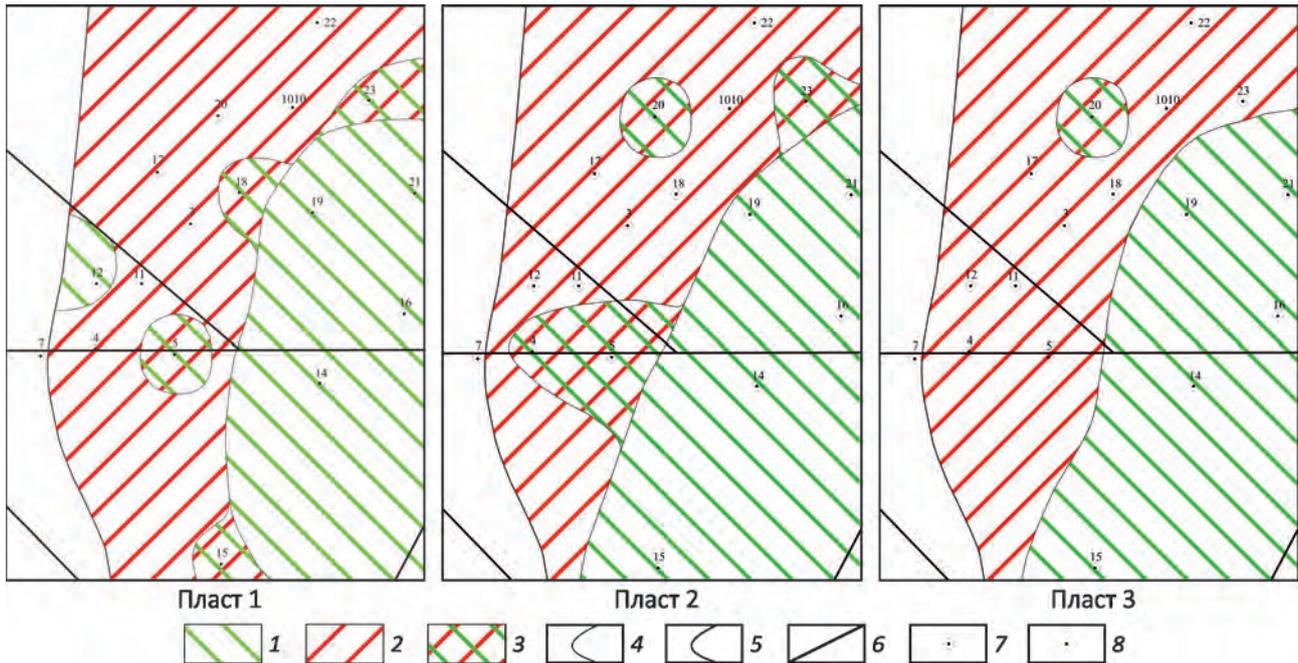


Рис. 3. Схематическая карта литологии пластов 1–3 калийных и калийно-магниевых солей в пределах Якшинского участка.
 Составители А.К.Вишняков, М.С.Вафина:

состав: 1 – сильвинитовый, 2 – карналлитовый, 3 – карналлит-сильвинитовый; предполагаемая граница развития: 4 – пласта 3, 5 – калийных и калийно-магниевых пород; 6 – разрывные нарушения фундамента; скважины: 7 – оценочные, 8 – пробуренные предыдущими исследователями

свойственны для западной части соленосного бассейна, а сильвинитовые – для восточной (см. рис. 2).

Карналлитовые породы характеризуются от слоистой до каркасно-ячеистой текстурой и от тонко-, крупнозернистой до гигантозернистой структурой. Как правило, им присуща окраска красных тонов (сургучно-буро-оранжевого цвета), но встречаются и перекристаллизованные бесцветные, зеленовато-желтые и лимонно-желтые разности. Слои карналлитовой породы нередко образуют мелкие складчатые формы. В некоторых случаях слои неравномерно раздроблены, и их обломки погружены с перемешиванием в общую породу пласта.

Сильвиниты по характеру окраски, структурным и текстурным признакам относятся к двум основным разностям: сильвинита с красной окраской различной интенсивности и пятнистого сильвинита. Окраска красного сильвина обусловлена беспорядочно рассеянными микровключениями гематитовых чешуек и гётитовых игл. Сильвиниты с красной окраской характеризуются мелкозернистостью, имеют сложное строение, обусловленное чередованием прослоев сильвина и галита (самый нижний седьмой пласт в основном представлен именно таким типом сильвинитов). Для пятнистых сильвинитов характерно присутствие

отдельных зерен карналлита. Эти породы характеризуются массивной, иногда брекчеевидной текстурой и среднезернистой структурой. Зёрна сильвина представлены молочно-белой разностью, но могут быть прозрачны, реже жёлтыми. По периферии зерен сильвина расположены буровато-красные каёмочки, красящее вещество которых представлено чешуйками гематита и иглами гётита. В этих породах для некоторых зёрен галита по их периферии иногда отмечается синяя и голубая окраски. Пятнистые сильвиниты очень схожи с «пёстрыми» сильвинитами Верхнекамского месторождения калийных солей, где они приурочены к пластам, также сложенным на одних участках карналлитовой породой, а на других – «пёстрыми» сильвинитами.

В сильвинитовой подзоне Якшинского месторождения установлен участок, где нижние пласты сильвинитов полностью замещены каменной солью (см. рис. 4). В частности, в разрезе скв. 14 этим процессом охвачены три нижних пласта (5, 6 и 7), зона замещения которых постепенно уменьшается в размерах вверх по разрезу. Она расположена вблизи пересечения зон (диагональной с субширотной) нарушений кристаллического фундамента. Возможность воздействия мигрирующих по ним подсолевых вод подтверждается составом в замещённых пластах макро- и микроэлементов.

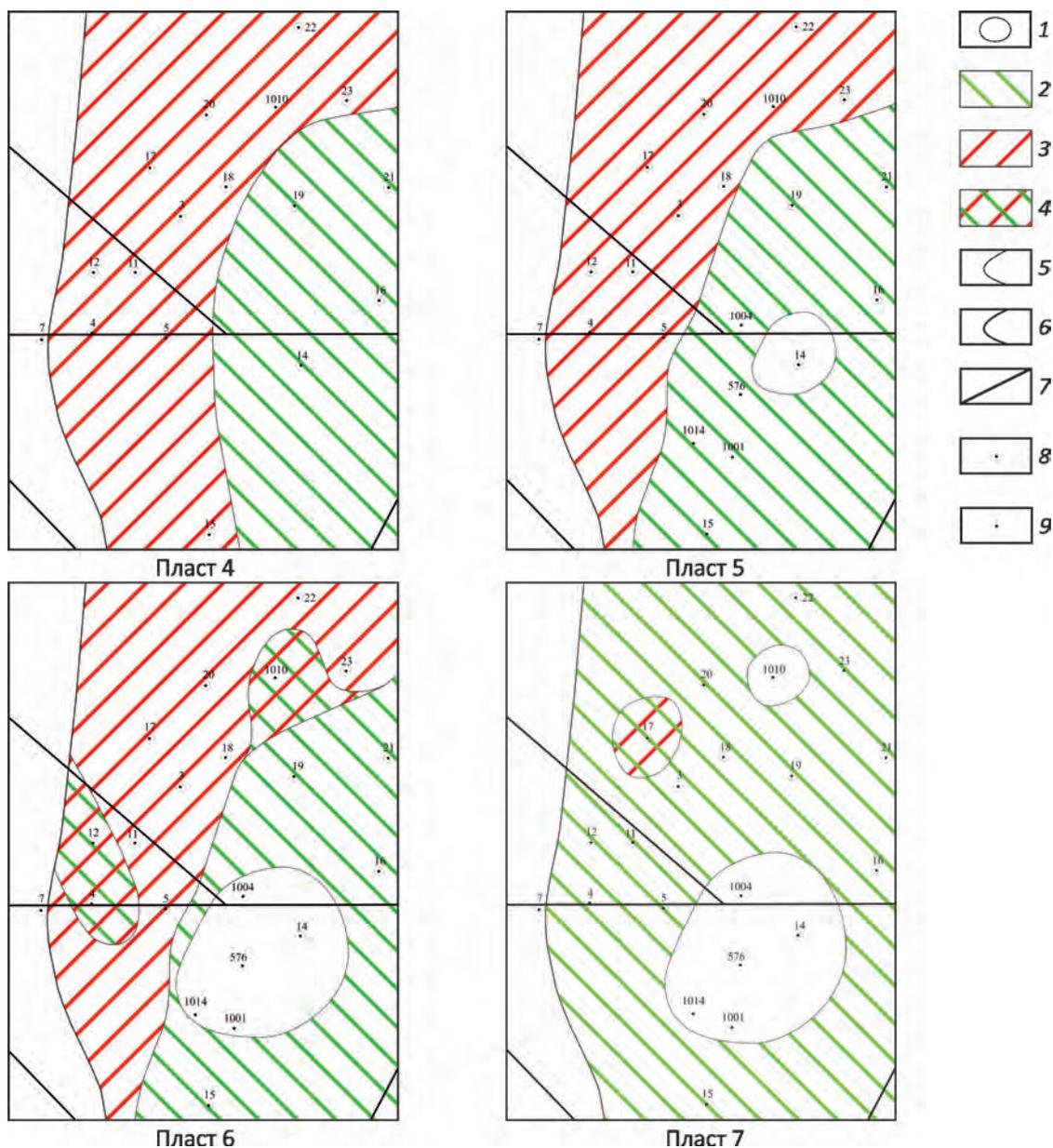


Рис. 4. Схематическая карта литологии пластов 4–7 калийных и калийно-магниевого солей в пределах Якшинского участка. Составители А.К.Вишняков, М.С.Вафина:

1 – зона замещения; состав: 2 – сильвинитовый, 3 – карналлитовый, 4 – карналлит-сильвинитовый; предполагаемая граница развития: 5 – калийных и калийно-магниевого пород, 6 – пластов; 7 – разрывные нарушения фундамента; скважины: 8 – оценочные, 9 – пробуренные предыдущими исследователями

Отмечаются повышенные содержания кальция (в виде ангидрита и доломита), бора, ванадия, стронция, бария и железа. Большая часть этих микроэлементов характерна для мигрирующих нефтяных вод. Кроме того, в изучаемом керне, соответствующем положению замещенных пластов, отмечалось наличие запаха битума, а при его расколе – запаха сероводорода. Местами порода имела брекчиевидную текстуру, обусловленную

наличием обломков доломитовых и галопелитовых прослоев, сцементированных разнозернистой каменной солью. Вся порода разбита субвертикальными трещинами, выполненными поперечно-шестоватым галитом. Ангидритовые желвакообразные включения местами гидратированы до гипса. В низах соленосной толщи под зоной замещений отмечается обильная пиритизация соляных пород.

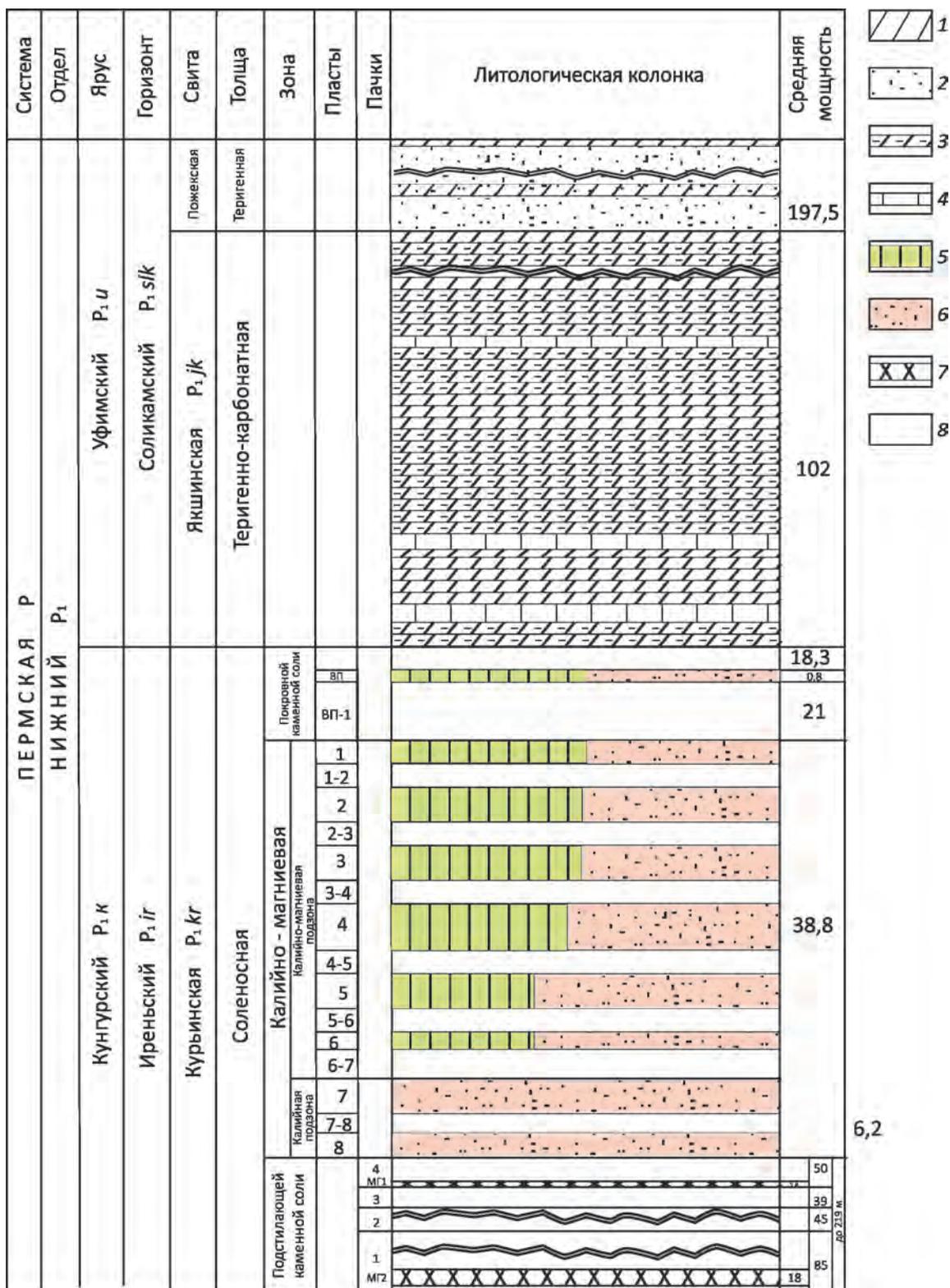


Рис. 5. Стратиграфическая колонка западной части Верхнепечорского бассейна. Составлена М.С.Вафиной, по материалам Якшинской партии:

1 – аргиллиты; 2 – пески; 3 – аргиллито-глинистая порода; 4 – карбонатные породы; 5 – карналлитовая порода; 6 – сильвиниты; 7 – гиалопелитовая порода; 8 – каменная соль

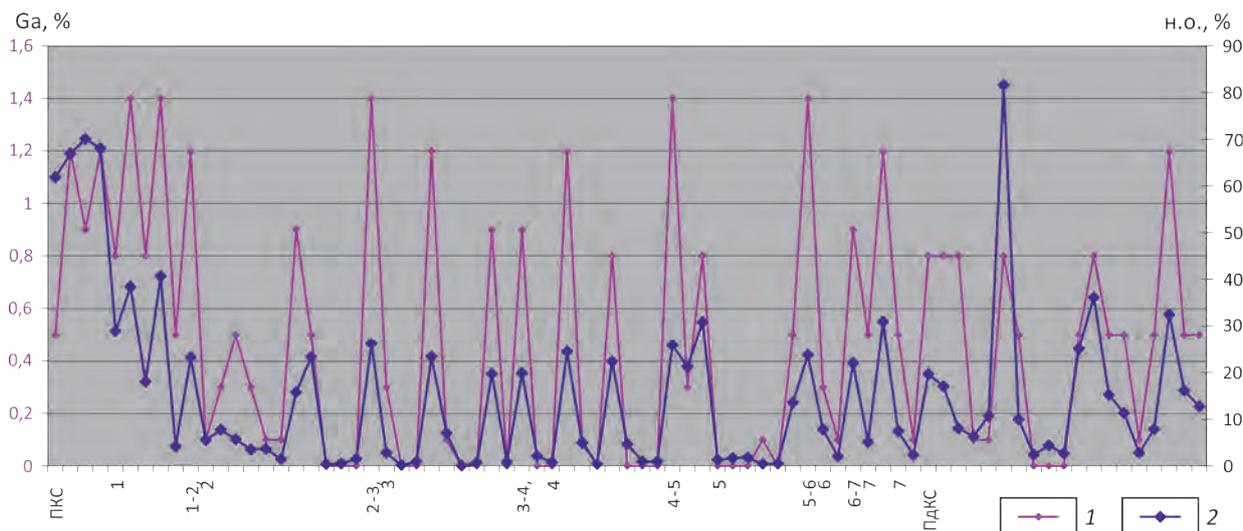


Рис. 6. График зависимости присутствия в соляных породах продуктивной толщи скв. 4 водонерастворимой составляющей и критерия поступления пресных вод – элемента Ga. Составила М.С.Вафина, по материалам аналитических исследований Н.А.Фроловой и Е.Б.Тимониной:

количество (в %): 1 – Ga и 2 – водонерастворимого остатка

Основную массу галопелитовой породы, широко развитой в соленосных отложениях Верхнепечорского бассейна, составляет пелитовый материал. По данным фазового рентгеноструктурного анализа он представлен (в порядке уменьшения содержания): ангидритом, доломитом, кварцем, калиевым полевым шпатом, магнезитом, иллитом, хлоритом, гематитом. Галопелитовый материал присутствует в виде рассеянных (межзерновых) включений и в виде прослоев. Накопление галопелитового материала неравномерно по площади, максимальные его мощности характеризуются локальностью. В общем плане повышенное содержание галопелитового материала отмечается для восточной части рассматриваемой территории. Вместе с тем, привнос повышенного его количества всегда обуславливал разубоживание рапы, что приводило к понижению содержания калийных и калийно-магниевого минералов в пласте. Возможно, такие участки являлись пониженными элементами палеорельефа дна солеродного бассейна, в пределах которых и осуществлялась усиленная седиментация пелитовых частиц. Конечно, основная масса сносимого терригенного материала отлагалась в предгорной части краевого прогиба [11, 14]. Однако достаточные объемы его достигали как внутренних, так и западных участков, где этот материал иногда полностью подавлял соляную седиментацию. Такое положение Верхнепечорского бассейна отразилось на литологических особенностях накопления его соленосной толщи. Даже в отложениях толщи калийных и калийно-магневых пород западной части соленосного

бассейна, в районе Якшинского месторождения, иногда суммарное содержание несолевой составляющей достигает 32,15% (скв. 23, межпластье 6–7). В периоды отложения калийно-магневых пластов влияние сноса терригенного материала значительно уменьшалось и составляло, в среднем, 6–8%, хотя на отдельных участках его отлагалось до 23–29% (скважины 16 и 4, пласты 2 и 1). О том, что терригенный материал поступал в соленосные бассейны, в основном, с речными водами, констатировали в своих работах многие авторы [7, 8, 10, 14]. Отмечается зависимость содержания данного материала в соляных породах от количества в них элемента галлия (рис. 6). Повышенное содержание последнего характерно только для пресных вод [2].

Верхнепечорский соленосный бассейн занимает самое крайнее – северное положение из всех соленосных бассейнов Предуралья в современном их выражении (рис. 7). Анализ строения соленосной толщи Косьвенско-Сылвенского и подсолевых толщ Верхнекамского и Верхнепечорского бассейнов свидетельствует о их значительной схожести. Так, для всех зон характерно наличие в нижней (базальной) пачке подстилающей каменной соли мощного пласта терригенно-хемогенных пород, который на Якшинском месторождении условно выделен как маркирующий горизонт $МГ_2$. В подошве верхней пачки подстилающей каменной соли в Верхнекамском и Верхнепечорском бассейнах выделяется другой, принятый основным, маркирующий горизонт, обозначенный для Якшинского месторождения как $МГ_1$. Этот горизонт, как и вся верхняя пачка, в

отложениях Косьювско-Сыльвенского бассейна отсутствует. Такое строение зоны подстилающей каменной соли всех этих бассейнов, с некоторым изменением ее разреза в северном направлении, свидетельствует о близких условиях ее соленакпления [6], что, возможно, было только в едином солеродном бассейне.

Со временем, с повышением солёности вод их поступление из промежуточных в единый солеродный бассейн уменьшалось. Одновременно сокращалась и зона отложения солей, что привело к отложению калийных солей (сильвинитов), в основном, только в бывшей центральной и северной частях единого солеродного бассейна (район Верхнекамского месторождения калийных солей и Верхнепечорского соленосного бассейна). При этом южная часть Верхнекамского месторождения представляла собой тупиковую часть калиеносного бассейна. В этой области осаждались сильвинитовые породы с наибольшим содержанием KCl – по всем пластам в среднем более 34%, тогда как в северной части – не более 18% [9]. Ко времени отложения калийно-магниевых (карналлитовых) солей поступление морских вод из промежуточных бассейнов в единый соленосный бассейн еще более уменьшалось. В центральной части бассейна, ставшего к этому времени его южной краевой частью, шло осаждение карналлитовых солей.

Дальнейшее сокращение площади единого солеродного бассейна привело к тому, что садка этих солей стала преобладать и в северной его части (современный район Верхнепечорской впадины). Таким образом, Верхнепечорская часть становится как бы конечным участком в развитии калиеносных отложений, возможно, единого солеродного бассейна северной части Предуральского краевого прогиба, питаемого из промежуточных бассейнов через Капеево-Каджеромский пролив и частично через Устьшугорский пролив. В отличие от южнее расположенного Верхнекамского и Косьювско-Сыльвенского участков единого бассейна, Верхнепечорский хоть и располагался в аридном климате, но был ближе к границе, за которой начинал преобладать умеренно-влажный гумидный климат. Относительная близость гумидной зоны сказалась и на проявлении вертикальной климатической зональности, воздымающейся на востоке Палеоуральской горной системы. Это обусловило повышенное поступление терригенного материала в район Верхнепечорского соленакпления.

Вместе с тем, наличие в строении соленосной толщи переслаивания слоев с различным содержанием терригенного материала свидетельствует о пульсирующем характере его поступления. Прерывистые тектонические воздействия обусловили не только неравномерный приток в солеродный бассейн пресных вод, несущих терригенный материал, но и обеспечивали ритмичное поступление в него измененных вод из промежуточных бассейнов.

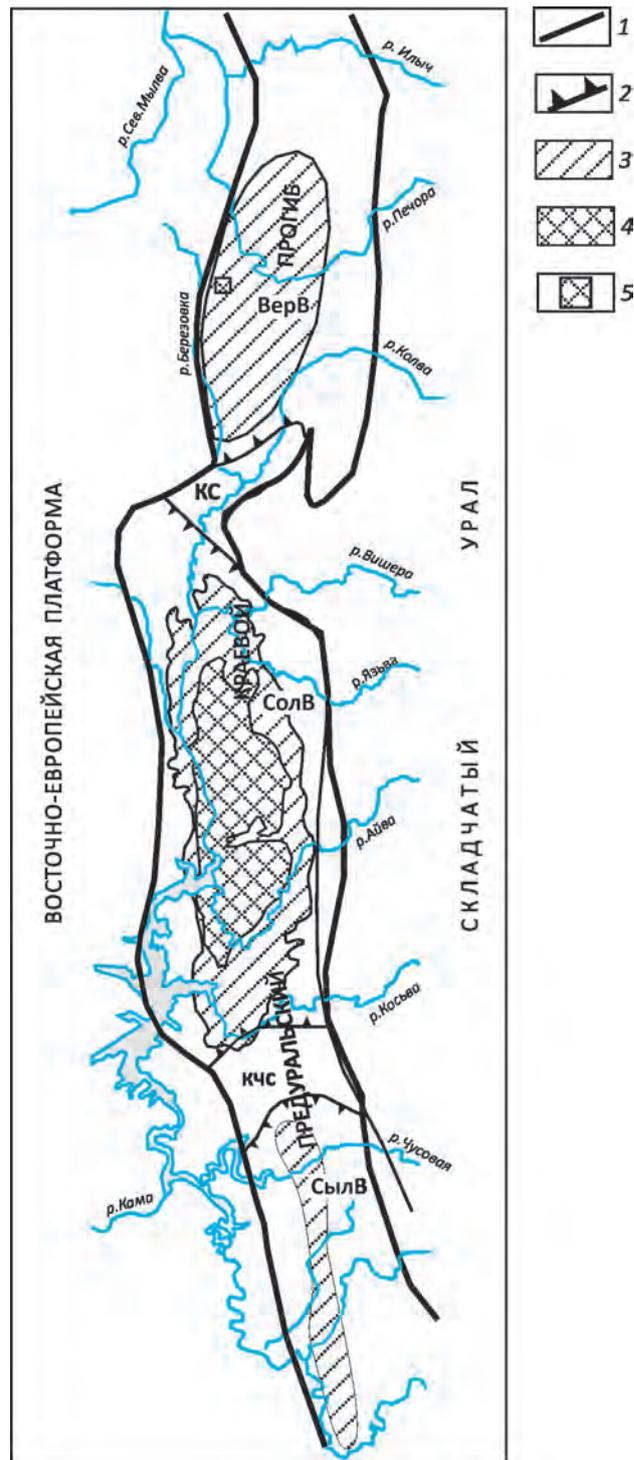


Рис. 7. Пермские соленосные бассейны Печоро-Камского Предуралья. Составитель А.К.Вишняков:

границы: 1 – Предуральского краевого прогиба, 2 – седловин и впадин (ВерВ – Верхнепечорская впадина, КС – Колвинская седловина, СолВ – Соликамская впадина, КЧС – Косьювско-Чусовская седловина, СылВ – Сыльвенская впадина); площади распространения: 3 – каменной соли, 4 – калийных и калийно-магниевых солей; 5 – Якишинское месторождение

О том, что на севере единого солеродного бассейна осуществлялась, в основном, садка калийно-магневых солей, особенно в пределах его западной окраины, в связи с миграцией краевого прогиба в этом направлении, свидетельствуют литология пластов продуктивной толщи Якшинского месторождения. В его пределах даже самый нижний сильвинитовый пласт 7, в западной части месторождения содержит совместно с сильвинитом включения карналлита. Это обусловило местами повышенное содержание в нем $MgCl_2$ (например, 2,35% в скв. № 17). Обычно же этот пласт практически не содержит $MgCl_2$ и представлен пестрыми, крупно-гигантозернистыми перекристаллизованными сильвинитами с ярко-красными или красновато-желтоватыми включениями и прослоями мелкозернистого сильвина.

По аналогии с Верхнекамским месторождением калийно-магневых солей, авторы придерживаются мнения Л.Е.Ходькова [16], что пестрые сильвиниты являются вторичными за счёт воздействия мигрирующих вод на уже отложившиеся карналлитовые породы.

Миграция осуществлялась по зонам повышенной трещиноватости (ослабленным) над тектоническими осложнениями фундамента [5] или осадочного чехла. По этим же зонам, видимо, осуществлялось площадное развитие «пестрых» сильвинитов за счет латеральной миграции подземных вод с Палеуральской суши [9]. Причем фронт таких замещений всегда сопровождался той или иной зоной «смешанных» солей, где происходило неполное замещение карналлита на вторичные сильвиниты.

По-видимому, аналогичное образование пестрых сильвинитов, наблюдаемых в пределах калийно-магневых пластов восточной части продуктивной толщи Якшинского месторождения, происходило во всем Верхнепечорском бассейне. Это позволяет предположить, что восточнее данного месторождения развитие таких вторичных сильвинитов может быть еще значительнее, и они будут охватывать там все выделенные на данном месторождении пласты, сложенные калийно-магневыми породами.

В районе Верхнепечорского солеродного бассейна наиболее мощные отложения подстилающей каменной соли вскрыты в восточной его части, а наиболее мощные отложения карналлитовых пород – в западной (запад Якшинского месторождения). Поэтому по аналогии с Верхнекамским месторождением, где существует подобная зависимость, реально предположить, что в центральной части Верхнепечорского бассейна следует ожидать не только широкое развитие вторичных сильвинитов по карналлитовым породам, но и возможное развитие первичноосадочных пластов сильвинитов.

В последующие эпохи тектогенеза единый солеродный бассейн северной части современного Предуральского прогиба был разделен Колво-Вишерской

(с Полудовым кряжем) и Косвинско-Чусовской седловинами на ряд впадин, сохранивших в себе соленосные отложения. Эти впадины выделяются в настоящее время как Косвинско-Сылвенский, Верхнекамский и Верхнепечорский соленосные бассейны.

Таковы основные геологические особенности строения, условий накопления и преобразований соленосных накоплений Верхнепечорского солеродного бассейна в его западной части.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богачкий В.И., Иванов А.В., Агулов С.Н.* Условия соленакопления в Верхнепечорском солеродном бассейне Коми АССР // Проблемы соленакопления. Т. 2. – Новосибирск, 1977. С. 138–141.
2. *Валеев Р.Н.* Авлакогены Восточно-Европейской платформы. – М.: Недра, 1978.
3. *Валеев Р.Н., Вишняков А.К.* Тектоника и эпигенез галогенных отложений // Условия формирования и закономерности размещения месторождений нерудного минерального сырья Европейской части СССР. – Казань: Изд-во КГУ, 1976. С. 101–129.
4. *Вишняков А.К.* Вторичные (эпигенетические) изменения галогенной толщи Соликамской впадины // Строение и условия образования соленосных формаций. – Новосибирск: Наука, 1981. С. 59–68.
5. *Высоцкий Э.А., Гарецкий Р.Г., Кислик В.З.* Калиеносные бассейны мира. – М.: Наука и техника, 1988.
6. *Иванов А.А.* Пермские соленосные бассейны Печоро-Камского Предуралья. – Новосибирск, 1965.
7. *Иванов А.А., Воронова М.Л.* Геология Верхнепечорского солеродного бассейна и его калиеносность / Геология соляных и калийных месторождений // Тр. ВСЕГЕИ. Т. 161. – Л., С. 3–79.
8. *Иванов А.В., Воронова М.А.* Верхнекамское месторождение калийных солей. – Л.: Недра, 1975.
9. *Копнин В.И.* Верхнекамское месторождение калийных, калийно-магневых и каменных солей и природных рассолов // Изв. вузов. Горный журнал. № 6. 1995. С. 10–43.
10. *Муравьев И.С.* Стратиграфия и условия формирования Приуралья. – Казань: КГУ, 1972.
11. *Сатин В.Е.* Древняя гидрографическая сеть Печоро-Камского междуречья // Возраст и генезис переуглублений на шельфе и история развития речных долин. – Л.: Наука, 1984. С. 130–134.
12. *Сауков А.А., Борисенко Л.А.* Геохимический цикл галлия / Геохимические циклы // Международный геологический конгресс. XXI сессия. Доклады советских геологов. Проблема 1. – М.: Госгеолтехиздат, 1960.
13. *Сиднев А.В.* История развития гидрографической сети плиоцена в Приуралье. – М.: Наука, 1985.
14. *Страхов Н.М.* Основы теории литогенеза. Т. 3. – М., 1962.
15. *Тектоническая карта Печорской плиты // Научные доклады. – Сыктывкар: Коми НЦ УрОРАН, 1985. Вып. 142.*
16. *Ходьков А.Е.* О происхождении замещенных зон на Верхнекамском месторождении // Труды ВНИИГ. 1956. Вып. 32. С. 314.