

## ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 552.08 / 14 / 53

**Влияние палеотектоники на строение и вещественный состав калийных солей верхнеюрской формации Среднеазиатского бассейна (на примере Тюбегатанского месторождения)**Г.А. Исаева<sup>а</sup>, Н.Е. Молоштанова<sup>а</sup>, Э.Е.Малеев<sup>б</sup><sup>а</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: g\_isaeva@psu.ru<sup>б</sup> ООО "ЗУМК-Инжиниринг", 614990, Пермь, ул. Ленина, 63. E-mail: maleev37@yandex.ru*(Статья поступила в редакцию 15 августа 2016 г.)*

Проведены исследования соляных пород продуктивного пласта Нижний II Тюбегатанского месторождения. Отмечены особенности структурно-текстурных признаков и минерального состава пород, позволяющие сделать выводы о механизмах и условиях образования и постседиментационного изменения сильвинитов и каменной соли. Выполнены описание пород, их типизация с уточнением по результатам рентгенофлуоресцентного и рентгенофазового анализа. Проведены анализ палеотектонических обстановок, их разделение на разных уровнях и описано влияние процессов на каждом из уровней на строение и состав калийных пород верхнеюрской галогенной формации.

Ключевые слова: *сильвинит, каменная соль, калийные соли, ангидрит-карбонатно-галитовая порода, палеотектонические обстановки.*

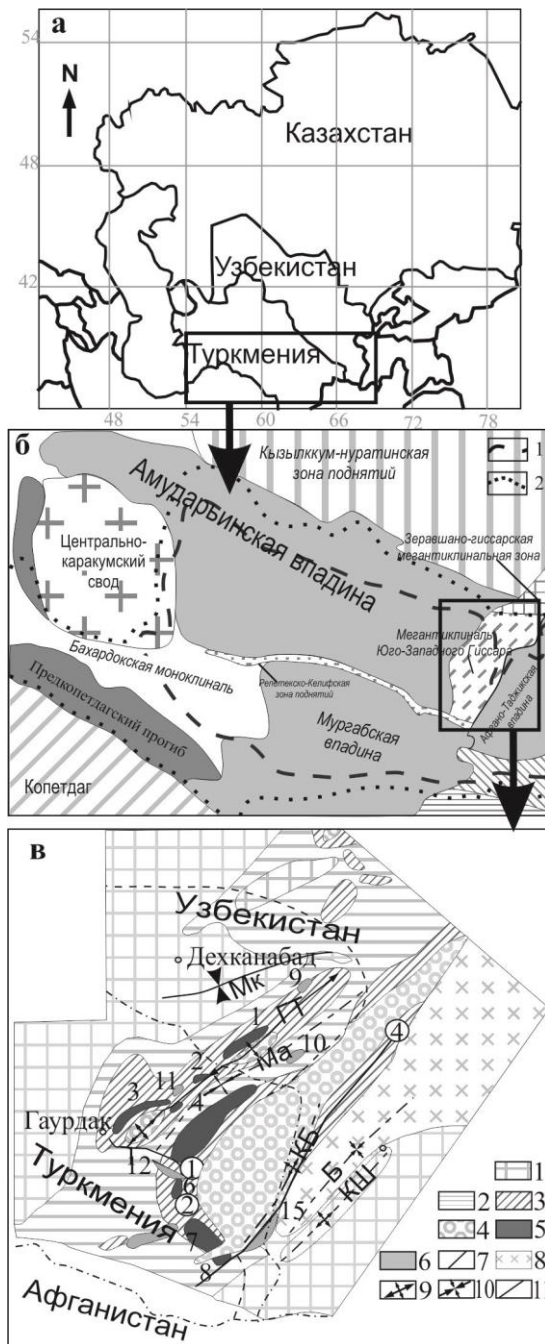
DOI: 10.17072/psu.geol.32.6

**Введение**

Соленосные (галогенные) формации ввиду своей устойчивой палеогеодинамической позиции, индикаторной и прогнозной роли обладают чрезвычайно высокой минерагенической значимостью. Помимо месторождений минеральных солей, с отложениями эвапоритового генезиса ассоциируют как твердые руды (самородная сера, целестин, медистые песчаники), так и жидкие, и газообразные полезные иско-

паемые (нефть, природный газ, рассолы) [12].

В геологической истории Земли отмечается периодичность в накоплении больших масс соляных толщ [9, 23]. Один из максимумов соленакопления приурочен к позднеюрскому времени и в азиатском регионе связан с распадом Пангеи II и погружением западной части Туранской плиты, что привело к формированию крупной лагуны и образованию Предкавказско-Среднеазиатского суббассейна [8, 20].



**Рис. 1.** Обзорная карта Средней Азии (а); схема тектонического районирования западной части Среднеазиатского эвапоритового бассейна с упрощениями по [6](б): 1 – границы распространения каменной соли, 2 – границы позднеюрского эвапоритового бассейна); схематическая карта размещения калийных месторождений Гаурдак-Кугитангского района по [5](в); 5 – месторождения калийных солей: 1 – Тюбегатанское, 2 – Лялимканское, 3 – Гаурдакское, 4 – Кизылмазарское, 5 – Кугитангское, 6 – Карабильское, 7 – Гарлыкское (Карлюкское), 8 – Окузбулакское

Изучение соляных отложений Средней Азии началось с находок калийных солей в 1930-х гг. в юго-западных отрогах Гиссара, продолжилось поисково-разведочными работами на минеральные соли в 60-80-е гг. Интенсивному изучению верхнеюрской галогенной формации также способствовали многочисленные нефтепоисковые работы в указанных районах, т. к. эвапоритовые отложения служат крышками ниже-среднеюрских рифовых массивов. Наиболее полное обобщение по результатам выполненных исследований представлено в работе М.А. Жаркова с соавторами [6].

В 1960-1966 и 2005-2007 гг. были проведены геологоразведочные работы на Тюбегатанском месторождении – одном из крупнейших по запасам хлористого калия в данном регионе. Месторождение было введено в эксплуатацию в 2010 г. и по настоящее время разрабатывается. В данной работе предпринята попытка анализа влияния факторов разного порядка на строение, состав и свойства продуктивных отложений.

### Характеристика верхнеюрской формации Среднеазиатского бассейна

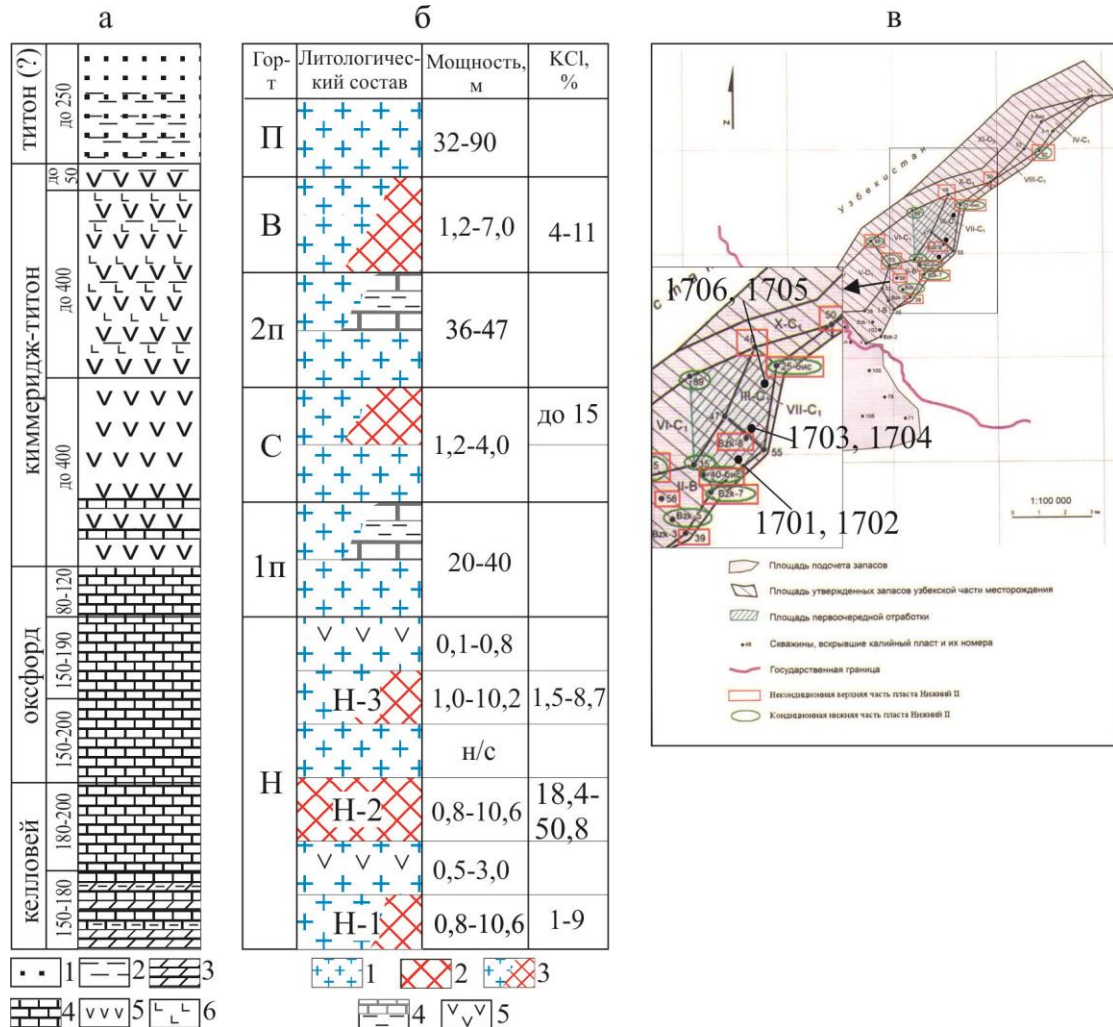
Верхнеюрские соленосные отложения, распространенные на территории Средней Азии, охватывают пространства юго-восточной части Туркменистана, юга Узбекистана, юго-запада Таджикистана и северную часть Афганистана (рис. 1, а). Хлоридные соли выявлены в пределах следующих тектонических структур: Амударьинская, Мурабская и Афгано-Таджикская впадины, Репетекско-Келифская зона поднятий, Бахардьянская моноκлиналь и мегантиκлиналь Юго-Западного Гиссара [2] (рис. 1, б).

Морские образования представлены породами двух формаций – карбонатной келловей-оксфордской (J<sub>2k</sub>-J<sub>3o</sub>) возраста и галогенной киммеридж-титонской (J<sub>3km</sub>-tt) [2] (рис.2, а). По вещественному составу отложения верхнеюрской галогенной формации относятся к хлоридно-

калийному типу согласно классификации Г.А. Беленицкой [13], либо к К-хлоридному подклассу – Т.М. Жарковой [7].

Ближе всего к поверхности калийные соли залегают в Гаурдак-Кугитангском районе - юго-западной части области по-

гружения складчатой структуры Гиссарского хребта. Именно здесь расположены месторождения, обладающие наиболее значительными запасами хлористого калия: Гаурдакское, Кугитангское, Окузбулакское, Карабильское, а также Гарлыкское (Карлюкское) и Тюбегатанское [2].



**Рис. 2.** Стратиграфия и литология верхнеюрских отложений Гаурдак-Кугитангского района по [5](а): 1 – песчаник, 2 – глина, 3 – мергель, 4 – известняк, 5 – ангидрит, 6 – каменная соль; схема строения и состав калиеносной пачки Тюбегатанского месторождения (б): 1 – каменная соль, 2 – сильвинит, 3 – каменная соль с сильвином, 4 – карбонатная глина, 6 – галит-ангидритовая порода; горизонты: Н – нижний, С – средний, В – верхний калиеносные, 1П и 2П – первый и второй промежуточный галитовый, П – покровный галитовый; контуры Тюбегатанского месторождения с точками отбора проб [15](в)

### Характеристика Тюбегатанского месторождения

В тектоническом отношении территория Тюбегатанского месторождения приурочена к северо-западному крылу Тюбе-

гатанской брахиантиклинали, которое на севере осложнено Курганташским куполом, а на юго-западе - узкой симметричной Лялимканской антиклиналью [2].

Калийные породы Тюбегатанского месторождения, расположенного на границе

Узбекистана и Туркменистана, содержатся в составе трех горизонтов галитовой (соленосной) подсвиты гаурдакской свиты (J<sub>3</sub>gd) киммеридж-титонского возраста (рис. 1, в, 2, а). Соляные отложения сложены каменной солью и сильвинитом и перекрыты верхнеюрскими, нижнемеловыми и четвертичными терригенными породами. Установлено три калийных горизонта: нижний, средний и верхний, разделенные галитовыми промежуточными горизонтами (рис. 2, б). Промышленные содержания KCl обнаружены во втором пласте (Нижний II) нижнего горизонта и составляют от 15,55 до 50,53 % (среднее – 34,3 %) при мощности от 0,8 до 12,8 м (среднее – 5,65 м) [15]. Запасы калийных руд по категориям А+В+С<sub>1</sub> составляют порядка 400 млн т, а по категории С<sub>2</sub> – 286 млн т [12].

### Методика исследований

Используемый в статье фактический материал был отобран в 2012 г. из продуктивного пласта Нижний II на участке первоочередной отработки узбекской части Тюбегатанского месторождения (рис. 2, в). Из горных выработок были взяты бороздовые пробы в трех точках на всю ширину обрабатываемых пластов Нижний Па и Нижний Пб. Полученные 6 бороздовых проб по структурно-текстурным особенностям и окраске были разделены на послойные (всего 63 образца). Из каждой послойной пробы был изготовлен шлиф размерами 4-5x5-6 см, за исключением глинистых разностей пород (54 шлифа), которые изучались и фотографировались с помощью микроскопов Nikon Eklipsis 100 Pol и Olympus SZ61.

Представительная навеска раздробленного до 3 мм образца истиралась на мельнице Pulverizette 1 (Fritsch) до размера частиц 15-10 мкм для рентгенофлуоресцентного анализа и рентгенофазового анализа. Рентгенофлуоресцентный анализ выполнялся для определения химического состава пород на спектрометре S8 Tiger (Bruker). Измерение проводилось безэта-

лонным методом Elements, созданном по калибровочным графикам на стандартах. Результаты, представленные в элементной форме, были пересчитаны на KCl, NaCl, а оставшаяся часть, приходящаяся на несольные минералы, была отнесена к нерастворимому остатку (н.о.). Валовый минеральный состав определялся рентгенофазовым методом на порошковом дифрактометре D2 Phaser (Bruker). Качественный состав анализировался с применением базы данных PDF-2. Расчет содержания компонентов на основе полученных дифрактограмм выполнен с помощью программного обеспечения Topas 4-2, основанного на безэталонном анализе (метод Ритвельда).

С целью изучения нерастворимых в воде минералов соляные породы продуктивной толщи исследуемого месторождения, пробы с разным содержанием сильвина подвергались растворению в воде. Отдельные зерна нерастворимых остатков проб выделялись под микроскопом МБС-10, а затем исследовались с применением электронного микроскопа JSM-6390 (Jeol) с приставкой EDS для локального микроанализа. Нерастворимые остатки истирались в ступке до порошка и изучались с применением рентгенофазового анализа (10 проб). Глинистая фракция (менее 5 мкм) выделялась методом капли и исследовалась по дифрактограммам ориентированных препаратов – воздушно-сухого, насыщенного в течение суток глицерином и прокаленного при 600°C [20]. Вычисления осуществлялись в MS Excel.

Исследования были выполнены на кафедре минералогии и петрографии и в Секторе наноминералогии ПГНИУ.

### Характеристика пород

Изученные разрезы калийных пластов Нижний Па и Нижний Пб Тюбегатанского месторождения сложены сильвинитами, каменной солью и породами смешанного состава. Текстуры пород неяснослоистые, что обусловлено как неравномерным распределением красящего пигмента, так и

различной величиной размеров зерен породообразующих минералов. На некоторых участках с равномерно-зернистыми структурами текстуры породы массивные и ориентированные.

Структуры пород по генетической классификации [22] относятся к кристаллически-зернистым, которые в отличие от зонально-зернистых структур характеризуются полным отсутствием остатков первично-зонального строения в зернах соляных минералов. По размеру зерен встречаются как равномерно-зернистые (рис. 3, а, г), так и разнозернистые структуры (рис. 3, б, в). Для определения структур пород по размерам использовалась следующая классификация [7]: микрoзернистая – до 0,5 мм, тонкозернистая – 0,5-1 мм, мелкозернистая – 1,0-2,5 мм, среднезернистая – 2,5-5,0 мм, крупнозернистая – 5-10 мм, гигантозернистая (шпатовая) – > 10 мм. Перекристаллизация пород привела к образованию ряда специфических структур, которые охарактеризованы в соответствии с классификацией, предложенной Я.Я.Яржемским [23]. Так, минеральные примеси в межзерновом пространстве с более яркой окраской, чем соляные минералы, формируют петельчатые структуры. Неоднородность в размере зерен нашла отражение в породах с порфиридной структурой, где на фоне мелко-среднезернистой массы сильвина и примесных минералов наблюдались более крупные вкрапленники галита (рис. 3, е). Срастания крупных кристаллов галита в каменной соли при отсутствии видимых примесей «загрязняющих» компонентов привели практически к «слиянию» и появлению стекловидной (стекловатой) разновидности структур (рис. 3, в, и, о). В отдельных образцах встречалась каменная соль с ориентированной структурой (рис. 3, л).

Что касается классифицирования структур по форме зерен, то необходимо отметить, что в большинстве своем зерна галита - идиоморфные (рис. 3, з, о), в то время как для сильвина характерны неправильные извилистые контуры (рис.

3, з, н). Поэтому на участках, сложенных породами с высоким содержанием сильвина структуры ксеноморфнозернистые, а по мере уменьшения калийного минерала в составе породы - сменяются на идиоморфнозернистые.

На основании приведенных различий были выделены четыре разновидности.

1. Розовый сильвинит, местами кирпично-красный, с массивной и пятнистой текстурой, характеризуется разнозернистой преимущественно гигантозернистой структурой (рис. 3, з, ж).

2. К красному сильвиниту условно были отнесены породы с окраской от розовато- и оранжево-красной до красной (рис. 3, б). Данная разновидность породы практически не содержит сульфатно-карбонатные и глинистые примеси.

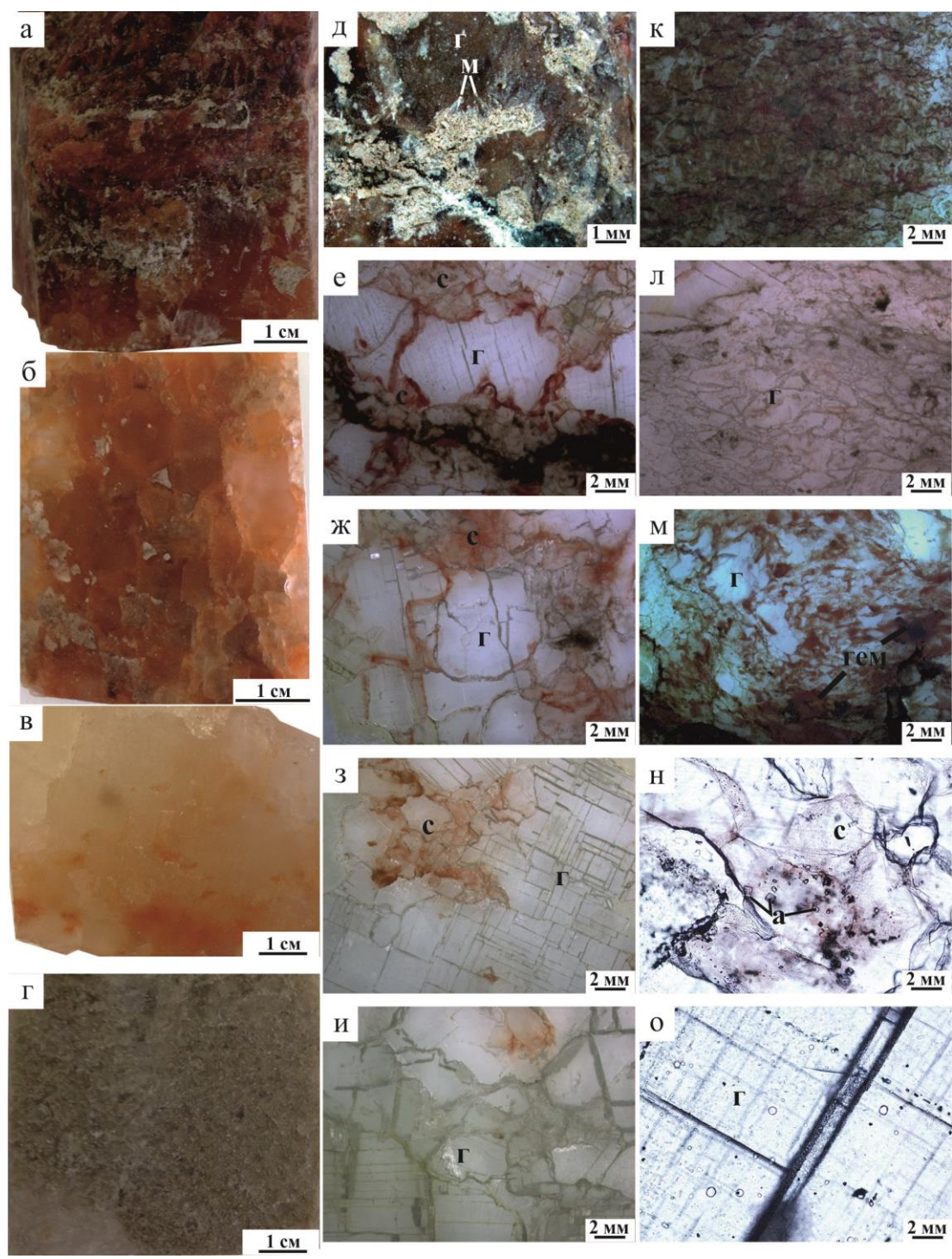
Для красных сильвинитов характерны массивная и пятнистая текстура, на контакте с каменной солью переходящая в брекчиевидную, и разнозернистая, крупно- и гигантозернистая структура.

3. Сургучно-красный сильвинит является переходным от сильвинитов к каменной соли и отличается от красного большим количеством несоляных минералов, за счет чего окраска приобретает более насыщенный кирпично-красный цвет (рис. 3, м). Структурно-текстурные особенности схожи с предыдущей разновидностью.

4. Зерна пестрого сильвинита окрашены в розовый, красный и сургучно-красный цвет с выделением кристаллов молочно-белого сильвина (рис. 3, а, е, м). Структура породы разнозернистая, порфиридная, текстура пятнистая.

Каменная соль в зависимости от примесных минералов различается по окраске: от светло-серой до серой в основании калийных пластов, розовой и кремово-розовой при чередовании с сильвином по разрезу (рис. 3, в), и до коричнево-красной в кровле (рис. 3, д). Структуры мелко-среднезернистые, а в нижней части пласта Нижний Пб изменяются до гигантозернистых и стекловидных. Текстуры





**Рис. 3.** Образцы а-г: а – тонко-мелкозернистый пестрый сильвинит, б – красный сильвинит, в – гигантозернистая каменная соль стекловидной структуры, г – мелкозернистая ангидрит-карбонатно-галитовая порода; д – поверхность образца глинисто-карбонатной примеси в каменной соли. Микрофотографии шлифов: е – пестрый сильвинит с порфиroidной структурой, ж, з – среднезернистый розовый сильвинит, и – зерна галита в стекловидной каменной соли, к – микро-тонкозернистая порода смешанного состава, насыщенная гематитом, л – каменная соль с ориентированной структурой, м – сургучно-красный сильвинит, н – ксеноморфнозернистый сильвинит с включениями ангидрита в сильвине, о – идиоморфные зерна галита в каменной соли. Подписи: с – сильвин, г – галит, м – магnezит, а – ангидрит, гем – гематит

неяснослоистые и массивные.

Породы смешанного состава, сложенные галитом, ангидритом и карбонатными минералами с примесями кварца и глинистых минералов в основании обоих пластов, считаются маркирующими горизонтами. Для них характерны серая окраска, однородные (массивные) текстуры и равно-мернозернистые микро- и мелкозернистые структуры (рис. 3, г, к).

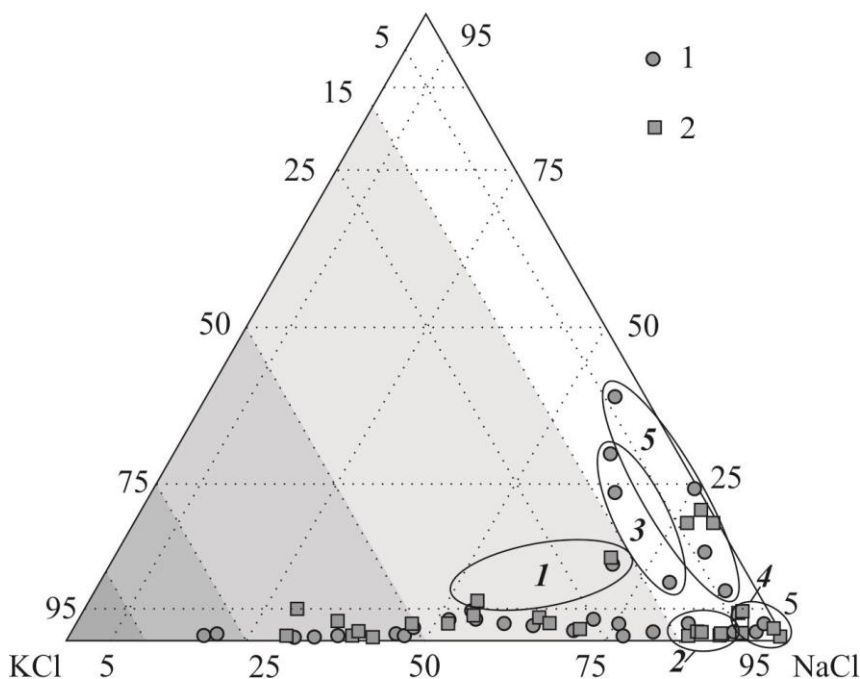
Названия описанных пород уточнены по данным химического и валового минерального состава. Результаты пересчета были нанесены на треугольную диаграмму (рис. 4). Для типизации пород использовалась классификация, предложенная Я.Я. Яржемским [22]. Породы с содержанием сильвина 15-50% исследователь относил к сильвинитам, 50-75% – к богатым сильвинитам, 75-95% – к очень богатым сильвинитам, и 95-100% – к сильвиновой породе. На основании данной градации пробы были объединены по классам, но так как всего лишь две пробы содержали более 75% хлорида калия, их объединили с предыдущим классом. Таким образом, выделены 4 класса по содержанию KCl: богатые сильвиниты (более 50%), сильвиниты (15-50%), породы, в которых сильвин является второстепенным порообразующим минералом (5-15%), и породы с

содержанием сильвина в виде примеси (менее 5%). Все пробы с содержанием н.о. менее 5%, а таких большинство, отнесены к собственно сильвинитам. На диаграмме видно, что три точки, обведенные эллипсом 1, содержат большее содержание нехлоридных минералов, среди которых карбонаты, кварц и ангидрит, однако они имеют примерно равные пропорции менее 5%. Поэтому данные пробы могут быть отнесены к сильвинитам.

В эллипс 2 попали пробы с преобладанием двух минералов – сильвина (5-15%) и галита (до 95%), которые именуются сильвин-галитовой породой или сильвин-содержащей каменной солью.

Породы с преобладанием галита и незначительным количеством примесей (до 5%) н.о. и сильвина (эллипс 4), были отнесены к галититу или каменной соли, как традиционно принято именовать такую породу [7].

Среди трехкомпонентных пород (3) отмечены ангидрит-сильвин-галитовая и сильвин-ангидрит-галитовая породы. Породы, попавшие в поле 5, по компонентам с содержанием более 5% отнесены к ангидрит-галитовым (4 пробы), ангидрит-карбонатно-галитовым (2 пробы) и карбонатно-ангидрит-галитовым (1 проба).



**Рис. 4.** Треугольная диаграмма с точками состава соляных пород калийных пластов Нижней Па (1) и Нижней Пб (2)

## Минеральный состав

Были построены схемы валового минерального состава, на которых отражены содержания основных компонентов (рис. 5). В основании пласта Нижний Пб залегает порода смешанного состава - ангидрит-карбонатно-галитового. Чуть выше по разрезу содержание несолевого материала уменьшается, а количество сильвина заметно возрастает. В северо-западной точке опробования (1705) пласт сложен каменной солью с сильвином, что связано с процессами замещения сильвинита шпатовой каменной солью. По остальным двум точкам отчетливо наблюдается выраженный слой сильвинита, увеличивающий свою мощность в юго-восточном направлении. На глубинах 718, 695 и 694 м соответственно снова возрастает примесь карбонатно-силикатного состава, а затем породы содержат сильвин уже в качестве примеси, т. е. следующий крупный слой сложен каменной солью. Такая ситуация могла сложиться при внесении более пресных вод, обогащенных пелитовым материалом, с палеосуши в палеобассейн, и, как следствие, распреснении рапы.

Пласт Нижний Па по составленным схемам разделить сложнее. В основании залегает ангидрит-галитовая порода. Мощность данного слоя уменьшается с северо-запада на юго-восток. Выше по разрезу можно выделить два слоя сильвинита, разделенных узкими прослоями каменной соли с сильвином, а в точке 1701 - каменной солью с примесью ангидрита, карбонатов и силикатов. На северо-западе (1706) пласт завершается каменной солью, переходящей в породу смешанного состава. В средней точке (1703) верхний слой из породы смешанного состава сменяется ангидрит-галитовой, а в юго-восточной точке (1701) верхняя часть пласта сложена каменной солью с сильвином и примесью ангидрита, карбонатов и силикатов.

Таким образом, по изученным разрезам можно отметить уменьшение мощности сильвинсодержащих пород с северо-запада на юго-восток, большее количество

в них карбонатно-глинистого материала, что согласуется с мнением об источнике сноса на севере от бассейна. Однако содержание самого сильвина варьирует, что затрудняет корреляцию по отдельным слоям. Сопоставление разрезов по выделенным разностям пород также является затруднительным.

## Минеральный состав нерастворимого остатка

Рентгенофазовый анализ показал, что нерастворимый в воде остаток состоит из магнезита (8-54 %, ср. 28 %), доломита (4-11 %, ср. 7 %), ангидрита (до 12 %, ср. 4), кварца (15-41 % н.о., ср. 29%), хлорита (8-19 % н.о., ср. 13 %), иллита (6-20 % н.о., ср. 11%), полевых шпатов (суммарно до 11 %, ср. 4 %), гематита (1-6 %, ср. 2%) и гипса (до 4%, ср. 2 %) (таблица).

Ангидрит присутствует практически во всех пробах, образуя микровключения в кристаллах галита и сильвина и примесь в глинисто-карбонатном веществе. Следует отметить, что ангидрит частично растворяется в воде, это несколько искажает реальные содержания данного минерала в пробах.

Карбонаты представлены магнезитом и доломитом в разных соотношениях. Примечательно, что преобладает магнезит. Доломит имеет форму ромбоэдра либо двойников прорастания, многие зерна имеют корродированную поверхность и окрашены в розоватый цвет. Магнезит имеет уплощенную форму. Встречаются кристаллы кальцита.

Из силикатных минералов преобладает кварц псевдодипирамидального облика с коэффициентом удлинения 1,5-2,0. Хлорит диагностируется по отражениям 14,1, 7,1, 3,53 Å на дифрактограмме воздушно-сухого препарата, которые не смещаются при насыщении глицерином. Однако при обработке до 600 °С пик 14,10 Å смещается до 13,95 Å, что, вероятнее всего, связано с удалением гидроксильных групп.

Четные и нечетные отражения имеют приблизительно равную интенсивность,



что указывает на повышенную магнезиальность минерала. Иллит достоверно определяется по базальному отражению  $9,95 \text{ \AA}$  [20]. Отражения алюмосиликатов имеют различную величину полуширины, свидетельствующую о наличии небольшого количества разбухающих слоев (до 10 %) в составе минералов.

Идиоморфизм карбонатных минералов и кварца указывает на их аутигенное происхождение. Большинство исследователей

считает, что исходным материалом для образования идиоморфного кварца служили алюмосиликаты [11, 16, 17]. Описанные выше структурно-текстурные особенности пород свидетельствуют об их значительной перекристаллизации, которая происходит, как правило, на стадии диагенеза соляных пород и обусловлена стремлением к уменьшению поверхностной энергии вещества, что приводит к укрупнению кристаллов [23].

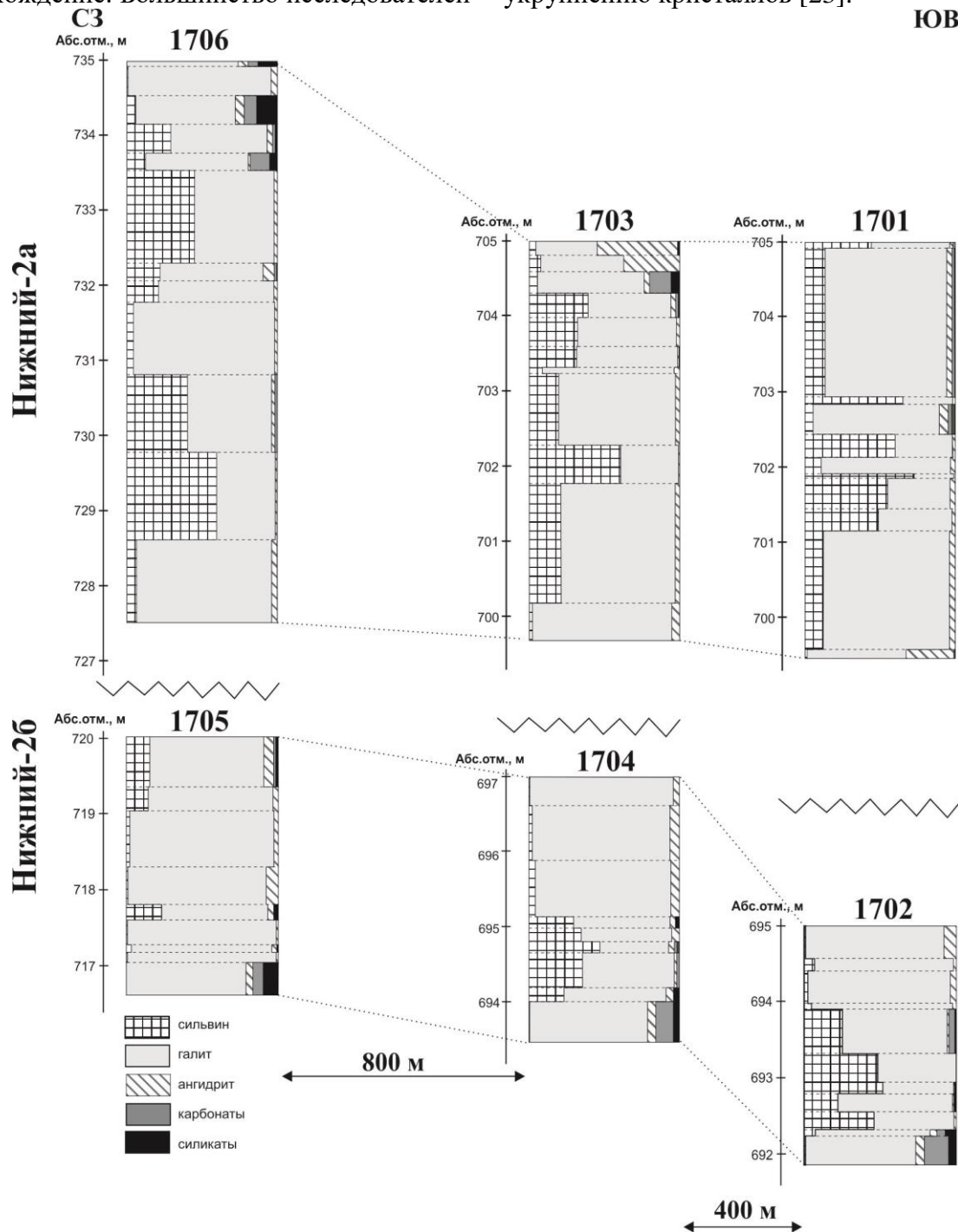


Рис. 5. Схема распределения минеральных компонентов по разрезам пласта Нижний II

Минеральный состав нерастворимого остатка соляных пород пласта Нижний II Тюбегатанского месторождения

№ пробы	№ пласта	KCl, %	Содержание н.о., %	Магнезит	Доломит	Кварц	Гематит	Ортоклаз	Плагиоклазы	Хлорит	Иллит	Гипс	Ангидрит
1701-8	НIIa	52,80	0,4	40	11	24	1	7	0	8	8	0	0
1703-4	НIIa	41,58	3,4	42	4	20	3	2	0	17	9	2	1
1703-5	НIIa	45,44	0,9	17	6	30	1	6	0	19	15	3	3
1706-8	НIIa	28,87	0,9	57	6	16	2	0	0	9	6	4	0
1702-6	НIIб	58,78	0,2	20	9	45	2	0	0	14	9	0	1
1702-7	НIIб	60,84	2,5	21	11	29	1	6	4	17	11	0	0
1702-8	НIIб	31,73	2,0	8	6	33	3	1	0	16	18	3	12
1704-7	НIIб	60,08	0,2	39	4	27	3	4	0	8	9	3	3
1705-1	НIIб	32,66	3,4	12	4	38	6	0	0	10	20	4	8
1705-9	НIIб	1,70	18,4	26	11	30	1	1	1	13	8	0	9

Относительно чистые от примесей крупные кристаллы породообразующих минералов и оттесненное к периферии зерен или в межзерновое пространство глинисто-карбонатное вещество в породах указывают на процесс «очистительной» перекристаллизации.

### Геохимические особенности

Анализ химического состава соляных пород выявил 4 группы элементов с тесной положительной связью ( $r > 0,75$ ): 1) K, Br; 2) Na, Cl; 3) Ca, S, Sr; 4) Si, Mg, Al, Fe, Ti. Первые две ассоциации связаны с соляными минералами. Br считается одним из индикаторных элементов и замещает Cl в сильвине. Еще одним индикатором интенсификации процессов калийного соле-накопления является Rb, однако его концентрации в изученных породах относительно невелики и установлены лишь для 16 проб. Проведенное нами ранее исследование сильвинитов пласта Нижний II с помощью геохимических индикаторов – бромхлорного  $Br/Cl \cdot 10^3$  и рубидий-калиевого отношений  $Rb/K \cdot 10^4$  – показало, что рубидийсодержащие сильвиниты образовались, по всей видимости, из первичных карналлитов. По значениям показателей исследованные породы являются наиболее близкими сильвинитам Карлюк-

ского месторождения и пестроокрашенным сильвинитам из пласта «Б» Верхнекамского месторождения, аналогичное происхождение которых признается большинством исследователей [14].

Ca и S входят в состав ангидрита, а Sr замещает Ca, т. к. их ионные радиусы близки.

Последняя ассоциация характеризует карбонатно-глинистое вещество, сформировавшееся за счет первично привнесенного в палеобассейн аллотигенного вещества, как считается, с севера из келловей-оксфордских отложений. Установить первичный источник глины достаточно сложно, т. к. в условиях повышенной солености вод вне зависимости от состава исходного материала формируются магнезиальные хлориты и Fe-иллиты. Не исключено, что глинистые минералы соляных пород образовались за счет синтезированных при карбонатонакоплении в келловей – оксфорде магнезиальных триоктэдрических смектитов или слоисто-цепочечных алюмосиликатов.

### Влияние палеотектоники

Палеотектонические обстановки могут быть представлены на шести различных уровнях систем: планетарном, глобальном, региональном, локальном, субло-

кальном и местном [8]. В соответствии с предложенной иерархией можно проследить особенности формирования верхнеюрской галогенной формации и выявить факторы, благодаря которым в пределах Среднеазиатского региона образовались отложения с промышленными содержаниями хлористого калия, рентабельные для разработки.

1. Планетарный уровень связан с окраинно-плитной тектоникой фанерозоя, когда наиболее интенсивно проявлялись процессы галогенеза.

2. Глобальная палеотектоника повлияла на раскрытие Неотетиса при распаде Пангеи пермо-триасового возраста.

3. Влияние региональной геодинамики на формирование изученных отложений выражено в установлении плитного режима молодой платформы. Нахождение Предкавказско-Среднеазиатского региона вблизи параллели 30° Северного полушария привело к доминированию аридного климата, необходимого для галогенеза. Следует отметить, что в областях стабильных элементов земной коры эвапоритовые бассейны были связаны с синеклизами и впадинами, где характер и темп осадконакопления определялся вертикальными тектоническими движениями [1]. Последующая история региона была относительно стабильна, что способствовало сохранению соляных отложений.

4. Обрамляющие океан эпигерцинские платформы, в том числе и Туранская плита, переходят в периспрединовый тектонический режим. В условиях трансгрессии моря в шельфовой зоне пассивной окраины Среднеазиатского бассейна происходит образование протяженной лагуны [21], характеризовавшейся сначала интенсивным карбонатонакоплением, а в киммеридж-титонское время ставшей солеродной.

5. Локальный уровень палеотектонических обстановок привел непосредственно к образованию верхнеюрской галогенной формации. Как показывают исследования, накопление калийных солей в основном происходило в зоне, соответствующей

теперь северо-восточной части Амударьинской впадины, и в районе Юго-Западного Гиссара [3, 4]. На положение повлияли как палеогеографическая обстановка, создавшая удаленную от притока морских вод область, так и палеотектоника, выраженная в региональном наклоне на северо-восток. Таким образом, концентрация обогащенных калием и магнием рассолов поступала в наиболее интенсивно прогибающуюся часть бассейна [18]. Структуры по периферии бассейна оставались устойчиво приподнятыми и служили источником сноса обломочного материала (преимущественно пелитового).

6. С сублокальной системой обстановок можно связать различия в интенсивности калиенакопления. По мнению В.И. Седлецкого, указанные особенности связаны с разным гипсометрическим уровнем ступеней палеозойского фундамента в районе Карклюкского и Карабильского месторождений, испытавшем наибольшее конседиментационное опускание, а в Гаурдакском, Кугитангском и других северных структурах уровень был более высоким. Как следствие, в первом случае наблюдаются большие мощности и количество калийных пластов, наличие карналлитовых пород, в то время как для второй группы характерно выклинивание пластов, их меньшая мощность и в основном сильвинитовый состав продуктивных отложений [19].

Ощутимое воздействие на соляные отложения оказал альпийский тектогенез, проявившийся в столкновении Индийской и Евразийской плит с формированием Тянь-Шанского орогена и мегантиклинали Юго-Западного Гиссара. Не исключено, что постседиментационное преобразование пород, включающее аутигенез как пороодообразующих соляных минералов, так и сульфатно-карбонатно-силикатной примеси в них, происходило во время стабильного режима до альпийского орогенеза (мел-палеоген) под влиянием вертикальных движений. Но все же наиболее вероятно, что влияние процессов перекристаллизации соляных пород, столь отра-

зившихся на их структурно-текстурных особенностях и составе, усилилось в ходе складкообразования.

Горообразовательные процессы к северо-востоку от Гаурдак-Кугитангского района привели к тому, что именно здесь верхнеюрские калиеносные галогенные отложения залегают ближе всего к поверхности Земли [2], что делает возможным разработку калийных солей шахтным способом. С другой стороны, блоково-надвиговое взаимодействие крупных тектонических структур, осложненное локальной сдвиговой и соляной тектоникой, приводит к геодинамической активности на месторождениях Юго-Западного Гиссара, в том числе и на Тюбегатанском. На руднике месторождения в конце 2012 г. произошел сильный аварийный приток рассолов в эксплуатационно-разведочные выработки, который с большим трудом удалось ликвидировать. Проведенные аэрокосмогеологические исследования установили, что ведущим фактором в формировании неблагоприятных горно-геологических условий является наличие геодинамических активных зон, хорошо коррелируемых с геофизическими, геохимическими и гидрогеологическими аномалиями [10].

## Выводы

Изучение калийных отложений верхнеюрской галогенной формации Среднеазиатского бассейна на примере продуктивных пластов Тюбегатанского месторождения показало, что соляные породы испытали значительное изменение, выраженное в перекристаллизации и укрупнении зерен породообразующих минералов – сильвина и галита, а также в аутигенном образовании несоляных минералов. Минеральный состав пород характеризуется сильной изменчивостью, они не выдержаны по разрезу и по латерали, что затрудняет корреляцию разрезов.

Анализ фактического материала и многочисленных исследований данной территории подтверждает положения о

влиянии палеотектонических обстановок разного уровня на процессы галогенеза и калиенакопления.

## Библиографический список

1. *Высоцкий Э.А.* Тектонические типы бассейнов калиенакопления // Условия образования месторождений калийных солей. Новосибирск: Наука, 1990. С. 23-29.
2. *Высоцкий Э.А., Гарецкий Р.Г., Кислик В.З.* Калиеносные бассейны мира. Мн.: Наука и техника, 1988. 387 с.
3. *Гаврильчева Л.Г.* Особенности строения позднеюрской соленосной формации Восточного Туркменистана // Особенности строения осадочных формаций. Новосибирск: Наука, 1982. С. 34-42.
4. *Гаврильчева Л.Г.* Палеогеографические условия осадконакопления соленосной формации верхней юры на территории Восточного Туркменистана // Общие проблемы галогенеза. Новосибирск: Наука, 1985. С. 230-240.
5. *Геология СССР.* Т. 22: Туркменская ССР: Полезные ископаемые / под ред. А.Н. Давыдова. М.: Недра, 1954. 323 с.
6. *Жарков М. А., Благовидов В. В., Жаркова Т. М., Мерзляков Г. А.* К вопросу о строении позднеюрских соленосных отложений Средней Азии // Особенности строения осадочных формаций. Новосибирск: Наука, 1982. С. 3-18.
7. *Жарков М.А., Жаркова Т.М., Мерзляков Г.А., Гребенников Н.П., Ермаков В.А., Аксенов Л.Л.* Бишофитовые отложения Приволжской моноклинали // Особенности строения залежей бишофита и калийных солей. Новосибирск: Наука, 1980. С. 4-32.
8. *Ибламинов Р.Г.* Минерагеодинамика калийного галогенеза // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь, 2013. Вып. 3 (20). С. 71-93.
9. *Ковалевич В.М.* Галогенез и химическая эволюция океана в фанерозое. Киев: Наукова думка, 1990. 156 с.
10. *Копылов И.С.* Методы и технологии выявления геодинамически активных зон при разработке калийных месторождений для обоснования безопасного ведения горных работ // Современные наукоемкие технологии (электронный журнал). 2014. № 4. С. 38-43.
11. *Коссовская А.Г., Дриц В.А., Соколова Т.Н.* О специфике формирования глинистых



- минералов в разных фациально-климатических обстановках // Эпигенез и его минеральные индикаторы. М.: Наука, 1971. С. 35-54.
12. Кудряшов А.И., Грибков Д.С. Горно-геологические условия разработки Тюбегатанского месторождения калийных солей // Рудник будущего. Пермь, 2010. Вып. 1. С. 11-14.
  13. Литогеодинамика и минерагения осадочных бассейнов: монография / под ред. А.Д. Щеглова СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998. 480 с.
  14. Молоштанова Н.Е., Исаева Г.А. Применение геохимических индикаторов для определения генезиса сильвинитов Тюбегатанского месторождения // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. Вып. 2 (27). С. 55-62.
  15. Поздеев А.А., Земсков А.Н., Ибрагимов Г.И. Некоторые аспекты освоения Тюбегатанского месторождения калийных солей // Рудник будущего. Пермь, 2010. Вып. 1. С. 6-10.
  16. Поликарпов А.И., Киселева О.В., Мелкова Н.В. Минералы кремнезема в породах морских галогенных формаций // Минералогический журнал. 1986. Т. 8, № 1. С. 66-75.
  17. Поляковский В.Я. О роли аллотигенных и аутигенных факторов в формировании ассоциаций глинистых минералов калийных месторождений хлоридного типа // Литолого-фациальные и геохимические проблемы соленакопления. М.: Наука, 1985. С. 59-67.
  18. Попов В.С. Геотектонические и литолого-фациальные условия образования калийных солей верхнеюрской галогенной формации Средней Азии // Общие проблемы галогенеза. Новосибирск: Наука, 1985. С. 220-230.
  19. Седлецкий В.И., Деревягин В.С. Строение и состав калиеносных отложений Карлюкского месторождения // Особенности строения залежей бишофита и калийных солей. Новосибирск: Наука, 1980. С. 70-90.
  20. Франк-Каменецкий В.А. Рентгенография основных типов породобразующих минералов (слоистые и каркасные силикаты). Л.: Недра, 1983. 359 с.
  21. Хаин В.Е., Короновский Н.В., Ясаманов Н.А. Историческая геология: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1997. 448 с.
  22. Яржемский Я.Я. Калийные и калиеносные галогенные породы. Новосибирск: Наука, 1967. 137 с.
  23. Яржемский Я.Я., Протопопов А.Л., Лобанова В.В. и др. Атлас структур и текстур галогенных пород СССР. Л.: Недра, 1974. 231 с.
  24. Warren John K. Evaporates: Sediments, Resources and Hydrocarbons. Berlin: Springer, 2006. 1036 p.

## Influence of Paleotectonics on the Structure and Mineral Composition of Potash Salts of the Upper Jurassic Formation of Central Asian Basin (Example of Tubegatan Deposit)

G.A. Isaeva<sup>a</sup>, N.E. Moloshtanova<sup>a</sup>, E.E. Maleev<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Perm State University, 15 Bukireva Str., Perm 614990, Russia

E-mail: g\_isaeva@psu.ru

<sup>b</sup>ZUMK-Engineering Ltd., 63 Lenina Str., Perm 614068, Russia

E-mail: maleev37@yandex.ru

Investigations of salt-bearing bed Nizhniy-2 of the Tubegatan field were conducted. The structural, textural features and mineral composition of the rock were determined that allowed to draw conclusions about the mechanisms and conditions of formation and diagen-

esis alteration of sylvinite and salt rock. The description of rocks, their typization along with clarification of the results by X-ray fluorescence and X-ray analysis were made. Analysis of paleotectonic environments, their division into different levels, and the assessment of impact of processes at each level on the structure and composition of potash rocks of the Upper Jurassic formation were described.

Key words: *sylvinite, rock salt, potassium salt, anhydride-carbonate-halite rock paleotectonic environments.*

## References

1. Vysotskiy E.E. 1990. Tektonicheskiye tipy basseynov kaliyakopleniya [Tectonic types of basins of the potassium accumulation]. In *Usloviya obrazovaniya mestorozhdeniy kaliynykh soley*. Novosibirsk, Nauka, pp. 23-29. (in Russian)
2. Vysotskiy E.E., Garetskiy E.A., Kislik V.Z. 1988. Kaliyenosnye basseyny mira [Potassium-bearing basins of the world]. Minsk, Nauka i tekhnika. 387 p. (in Russian)
3. Gavrilcheva L.G. 1982. Osobennosti stroeniya pozdneyurskoy solenosnoy formatsii Vostochnogo Turkmenistana [The structural features of the Late Jurassic saline formation of Eastern Turkmenistan]. In *Osobennosti stroeniya osadochnykh formatsiy*. Novosibirsk, Nauka, pp. 34-42. (in Russian)
4. Gavrilcheva L.G. 1982. Paleogeographicheskiye usloviya osadkonakopleniya solenosnoy formatsii verkhney yury na territorii Vostochnogo Turkmenistana [Paleogeographic conditions of sedimentation of the Upper Jurassic salt formation in Eastern Turkmenistan]. In *Obshchiye problemy galogeneza*. Novosibirsk, Nauka, pp. 230-240. (in Russian)
5. Geologiya SSSR. 1984. Vol. 22: Turkmen-skaya SSR: Poleznyye iskopaemye [Geology of USSR: Vol. 22: Turkmenistan SSR: Minerals]. A.N. Davydov (Ed.). Moskva, Nedra. p. 323. (in Russian)
6. Zharkov M.A., Blagovidov V.V., Zharkova T.M., Merzlyakov G.A. 1982. K voprosu o stroenii pozdneyurskikh solenosnykh otlozheniy Sredney Azii [On the structure of the Middle Jurassic salt deposits of the Central Asia]. In *Osobennosti stroeniya osadochnykh formatsiy*. Novosibirsk, Nauka, pp. 3-18. (in Russian)
7. Zharkov M.A., Zharkova T.M., Merzlyakov G.A. et al. 1980. Bishofitovyie otlozheniya Privolzhskoy monoklinali [Bischofite deposits of the Privolzhskaya Monocline]. In *Osobennosti stroeniya zalezhey bishofita i kaliynykh soley*. Novosibirsk, Nauka, pp. 4-32. (in Russian)
8. Iblaminov R.G. 2013. Minerageodinamika kaliynogo galogeneza [Historical minerageodynamics of Potassium halogenesis]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*. 3(20): 71-93. (in Russian)
9. Kovalevitch V.M. 1990. Galogenez i khimicheskaya evolyutsiya okeana v phanerozoie [Halogenesis and chemical evolution of the ocean in Phanerozoic]. Kiev, Naukova Dumka, p. 156. (in Russian)
10. Kopylov I.S. 2014. Metody i tekhnologii vyavleniya geodinamicheskikh aktivnykh zon pri razrabotke kaliynykh mestorozhdeniy dlya obosnovaniya bezopasnogo vedeniya gornykh rabot [Methods and technologies of detection of geodynamic active zones to provide reasoning of the operation safety for mining at potash mines]. In *Sovremennyye naukovomkiye tekhnologii*. 4: 38-43. (in Russian)
11. Kossowskaya A.G., Drits V.A., Sokolova T.N. 1971. O spetsifike formirovaniya glinistykh mineralov v raznykh fatsialno-klimaticheskikh obstanovkakh [About the specifics of formation of clay minerals in different facies and climatic environments]. In *Epigenez i ego mineralnyye indikatoriy*. Moskva, Nauka. pp. 35-54. (in Russian)
12. Kudryashov A.I., Gribkov D.S. 2010. Gornogeologicheskiye usloviya razrabotki Tubegatanskogo mestorozhdeniya kaliynykh soley [Mining and geological conditions of development of the Tubegatan potash deposit]. In *Rudnik budushchego*. 1: 11-14. (in Russian)
13. *Litogeodinamika i minerageniya osadochnykh basseynov* [Lithogeodynamics and minerageny of sedimentary basins]. Shcheglov A.D. (Ed.). Sankt-Peterburg, VSEGEI, 1998, p. 480. (in Russian)
14. Moloshtanova N.E., Isaeva G.A. 2015. Primeneniye geokhimicheskikh indikatorov dlya opredeleniya genezisa silvinitov Tyube-

- gatanskogo mestorozhdeniya [The use of geochemical indicators to determine the sylvinite genesis of Tubegatan deposit]. Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya. 2(27): 55-62. (in Russian)
15. *Pozdeev A.A., Zemskov A.N., Ibragimov G.I.* 2010. Nekotorye aspekty osvoeniya Tubegatanskogo mestorozhdeniya kaliynykh soley [Some aspects of development of the Tubegatan potash deposit]. Rudnik budustchego. 1: 6-10. (in Russian)
  16. *Polikarpov A.I., Kiselyova O.V., Melkova N.V.* 1986. Mineraly kremnezyoma v porodakh morskikh galogennykh formatsiy [Silica minerals in the rock of marine halogenic formations]. Mineralogicheskiy zhurnal. 8(1): 66-75. (in Russian)
  17. *Polyakovskiy V.Ya.* 1985. O roli allotigennykh i autigennykh faktorov v formirovaniy assotsiatsiy glinistykh mineralov kaliynykh mestorozhdeniy khlordnogo tipa [On the role of allogenic and authigenic factors in the formation of clay mineral associations in the chloride type potassium deposits]. In *Litologo-fatsialnye i geokhimicheskiye problemy solenakopleniya*. Moskva, Nauka. pp. 59-67. (in Russian)
  18. *Popov V.S.* 1985. Geotektonicheskiye i litologo-fatsialnyye usloviya obrazovaniya kaliynykh soley verkhneyurskoy galogennoy formatsii Sredney Azii [Geotectonic and lithofacies conditions of formation of the potassium salts of the Upper Jurassic halogenic formation in Central Asia]. In *Obshchiye problemy galogeneza*. Novosibirsk, Nauka, pp. 220-230. (in Russian)
  19. *Sedletskiy V.I., Derevyagin V.S.* 1980. Stroeniye i sostav kaliyenosnykh otlozheniy Karlyukskogo mestorozhdeniya [The structure and composition of potassium-bearing sediments of Karlyuk deposit]. In *Osobennosti stroeniya osadochnykh formatsiy*. Novosibirsk, Nauka. pp. 70-90. (in Russian)
  20. *Frank-Kamenetskiy V.A.* 1983. Rentgenografiya osnovnykh tipov porodoobrazuyushchikh mineralov (sloistye i karkasnye silikaty [X-Ray study of the main types of rock-forming minerals (phyllosilicates and tectosilicates)]. Leningrad, Nedra. p. 359. (in Russian)
  21. *Khain V.E., Koronovskiy N.V., Yasamanov N.A.* 1997. Istoricheskaya geologiya [Historical geology]. Moskva, MGU. p. 448. (in Russian)
  22. *Yarzhemskiy Ya.Ya.* 1967. Kaliynye i kaliyenosnye galogennye porody [Potassium and potassium-bearing halogen rocks]. Novosibirsk, Nauka, p. 137. (in Russian)
  23. *Yarzhemskiy Ya.Ya., Protopopov A.L., Lobanova V.V.* 1974. Atlas struktur i tekstur galogennykh porod SSSR [Atlas of structures and textures of halogen rocks of USSR]. Leningrad, Nedra, p. 231. (in Russian)
  24. *Warren John K.* 2006. *Evaporates: Sediments, Resources and Hydrocarbons*. Berlin, Springer, p. 1036.