

УДК 553.63:[549+552](476)

МИКРОПЕТРОСТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЛИЙНЫХ РУД ПРИПЯТСКОГО КАЛИЕНОСНОГО БАСЕЙНА

Н. С. ПЕТРОВА¹⁾, Н. Ю. ДЕНИСОВА²⁾, А. В. КИРИКОВИЧ¹⁾

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

²⁾Научно-практический центр по геологии, ул. Купревича, 7, 220141, г. Минск, Беларусь

В Припятском калиеносном бассейне требования комплексного использования недр постоянно повышаются: в промышленное освоение вовлекаются калийные руды новых технологических типов, с более низкими содержаниями полезного компонента, с повышенными концентрациями вредных примесей. Оценка природных типов калийных солей с использованием всего комплекса показателей качества имеет приоритетное значение при характеристике их залежей. Исследованию структурно-текстурных особенностей и состава калийных залежей стало уделяться пристальное внимание с момента открытия Старобинского месторождения. Тогда же было начато систематическое изучение петрографии соляных пород. В осадочной петрографии до настоящего времени отсутствует общепризнанная рациональная генетическая классификация структур соляных пород, являющихся и калийными (калийно-магниевыми) рудами. Название той или иной структуры часто основано на второстепенных, но ярко выраженных признаках – окраске или сходстве с теми или иными объектами. Распознавание элементов исходных седиментационных особенностей пород, систематизация первичных и вторичных признаков и на их основе типизация по петрохимическим параметрам являются целью настоящей работы. В статье представлены основные микропетроструктурные типы калийных руд, характерные для руд красноцветной и пестроцветной гиперсоляных ассоциаций Припятского бассейна.

Ключевые слова: Припятский прогиб; калийная руда; калийный горизонт; Старобинское месторождение; Петриковское месторождение; соленосная формация; микропетроструктура.

Образец цитирования:

Петрова НС, Денисова НЮ, Кирикович АВ. Микропетроструктурная характеристика калийных руд Припятского калиеносного бассейна. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2019;1:82–94. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-82-94>

For citation:

Petrova NS, Denisova NYu, Kirykovich AV. Microfabric characteristics of potash ore of the Pripyat potash-bearing basin. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2019;1:82–94. Russian. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-82-94>

Авторы:

Наталья Семеновна Петрова – кандидат геолого-минералогических наук, доцент; доцент кафедры региональной геологии факультета географии и геоинформатики.

Наталья Юрьевна Денисова – кандидат географических наук, доцент; начальник отдела геологии и минерального платформенного чехла филиала «Институт геологии».

Алексей Викторович Кирикович – аспирант кафедры региональной геологии факультета географии и геоинформатики. Научный руководитель – Н. С. Петрова.

Authors:

Natalia S. Petrova, PhD (geology and mineralogy), docent; associate professor at the department of regional geology, faculty of geography and geoinformatics.

petrova@geology.org.by

Natalia Yu. Denisova, PhD (geography), docent; head at the department of geology and mineralogy of the platform cover of the branch «Institute of Geology».

denisova@geology.org.by

Aliaksei V. Kirykovich, postgraduate student at the department of regional geology, faculty of geography and geoinformatics. lexkirik@mail.ru

MICROFABRIC CHARACTERISTICS OF POTASH ORE
OF THE PRIPYAT POTASH-BEARING BASINN. S. PETROVA^a, N. Yu. DENISOVA^b, A. V. KIRYKOVICH^a^aBelarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus^bScientific Research Center for Geology, 7 Kupreviča Street, Minsk 220141, Belarus

Corresponding author: N. S. Petrova (petrova@geology.org.by)

The requirements of complex subsoil use are increasing in the Pripyat potash-bearing basin: potash ore of new technologic types, with lower contents of useful components, increased concentrations of harmful impurities. Using all complex of quality indicators assessment of natural types of potash ore is undoubtedly prioritized by characteristic of potash deposits. The study of structural and textural features and composition of potash deposits has been given attention since the time of discover of the Starobin deposit. Systematic study of salt rock petrology has been started after the discovery of the Starobin deposit. Until now in the petrology, there is no recognized rational genetic classification of the structures of salt rocks being potash (potassium-magnesium) ore. The name of certain structure is based on the secondary features that are brightly expressed, color or similarity with different objects. The aim of the present work is an element recognition of the primary sedimentary features of rocks, systematization of primary and secondary characteristics and their typification according to petrochemical parameters. In the article the main microfabric types of potash ore that are typical for the deposits of red-colored and mottled hypersaline association of the Pripyat basin.

Keywords: Pripyat trough; potash ore; potash horizon; Starobin deposit; Petrikov deposit; salt-bearing formation; microfabric.

Введение

Припятский прогиб, являясь внутриконтинентальным рифтом, входит в состав Днепровско-Припятского авлакогена (рис. 1). В новой модели структурной делимости Припятского прогиба выделена внеранговая структура – Припятский грабен, включающая в рамках структурного районирования три ареала структурных форм [1]: Северный, Центральный и Южный. В Припятском грабене создавалась основа осадочно-породного бассейна, полностью ассоциировавшегося с тектонофизической моделью развития глобальной тектоноструктуры.

Осадочное выполнение Припятского калиеносного бассейна – сложно построенная природная система, объединяющая множество разных параметров. В истории развития выделяются четыре этапа хлоридного соленакопления: эйфельский, позднефранский, раннефаменский и позднефаменский. С позднефранским и позднефаменским этапами связано накопление калийных солей – не что иное, как проявление калийного рудогенеза в эволюции процессов галогенеза. Промышленные залежи калийных солей в Припятском прогибе приурочены к среднепозднефаменской эпохе. Калийные горизонты в разрезе средневерхнефаменской хлоридной калиеносной субформации распределены неравномерно [2; 3]. В калиеносной субформации калийные соли слагают многочисленные горизонты, которые образованы системой соподчиненных элементов (рис. 2). Элементарной единицей строения разреза являются прослои пород сильвин-галитового и сильвин-карналлит-галитового рядов, а также галопелитов. Типизация калийных залежей – это прежде всего оценка внутренней организации калиеносной субформации на основе системного подхода. Калиеносная субформация – понятие не только геологическое, но и экономическое. Экономическая субстанция (свойство полезности) обуславливает повышенный интерес к калиеносности, детальность изучения, большие затраты труда, целевую направленность исследований и многое другое. Калийные залежи, являясь естественным природным объектом, исследуются на основе тех же методологических принципов, что и пустые нерудные объекты.

Первоначально структурная номенклатура для соляных пород разработана Е. Э. Разумовской [4], другие исследователи дополняли ее, позднее структурно-текстурные особенности были представлены в атласе галогенных пород [5]. Несмотря на проведенные детальные и комплексные минералого-петрографические исследования, до настоящего времени в Беларуси отсутствуют информационно-документальная база и нормирующая минералого-петрографическая литература, классификация и номенклатура. Для оценки вещественного состава сильвинитов макросостав играет безусловно классификационную роль при литологическом описании разреза калийных горизонтов. Но прямую зависимость макросостава от структурно-текстурных особенностей для всех разновидностей выявить достаточно проблематично, так как колебания содержаний включенного галита – эвтонического минерала, постоянно сопровождающего кристаллизацию сильвина, – значительны и контролируются минерализацией и составом раствора как маточного, так и преобразующего, высаливающего; температурой и парциальным давлением.

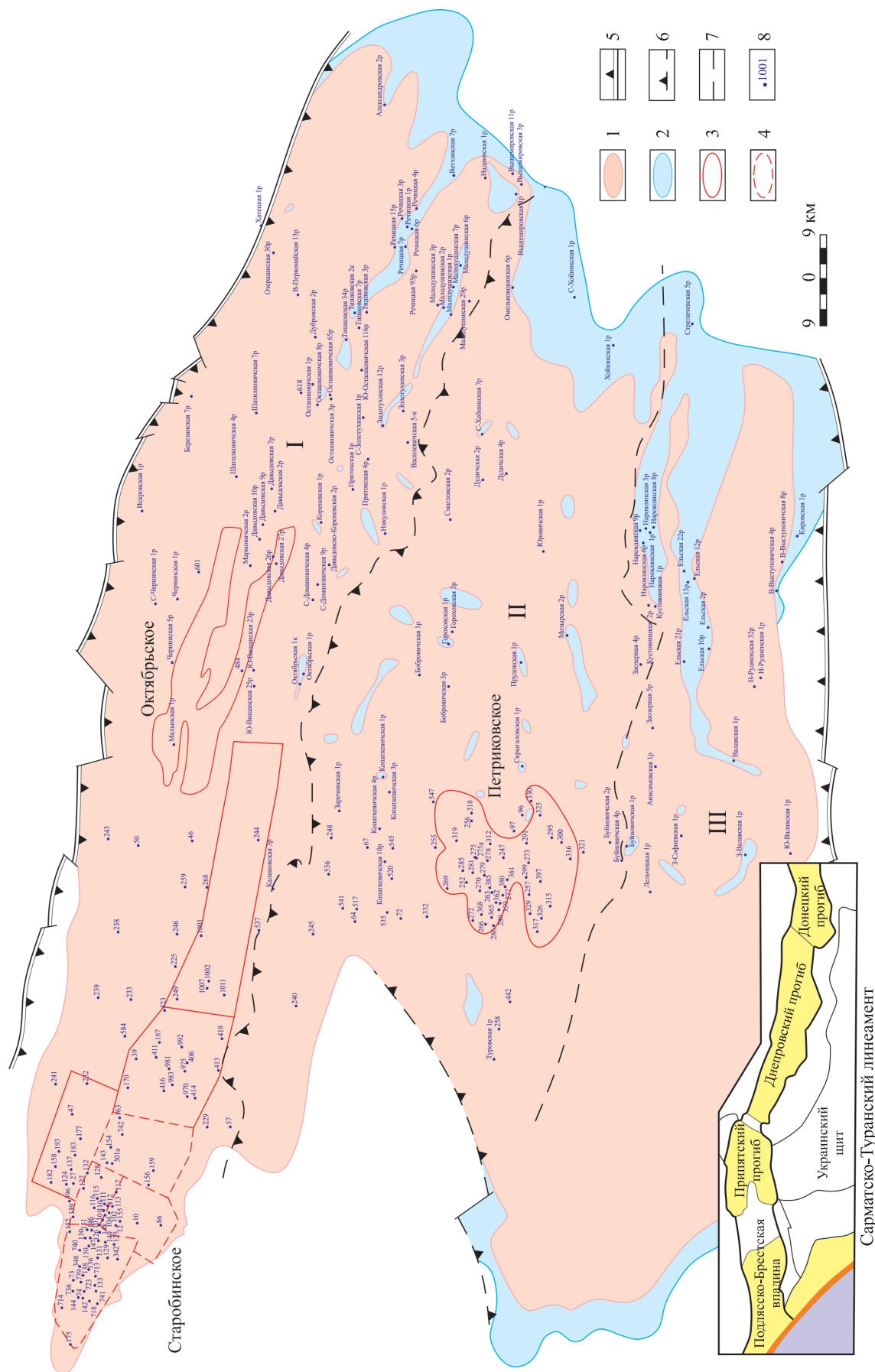


Рис. 1. Схематическая карта развития средневерхнефаменинской соленосной формации в Припятском прогибе:

- 1 – область развития калиеносной субформации, 2 – область развития галитовой субформации, 3 – месторождения калийных солей, 4 – шахтные поля Старобинского месторождения; разломы: 5 – суперрегиональные, 6 – региональные, 7 – субрегиональные, 8 – скважины.
- Ареалы структурных форм: I – Северный, II – Центральный, III – Южный
- Fig. 1. Sketch map of distribution of the Middle-Upper Famennian salt-bearing formation within the Pripyat trough:
- 1 – development area of the potash-bearing subformation, 2 – development area of the halite subformation, 3 – potash salt deposits, 4 – minefields of the Starobin deposit; faults: 5 – superregional, 6 – regional, 7 – subregional, 8 – boreholes. Areas of structural forms: I – Northern, II – Central, III – Southern

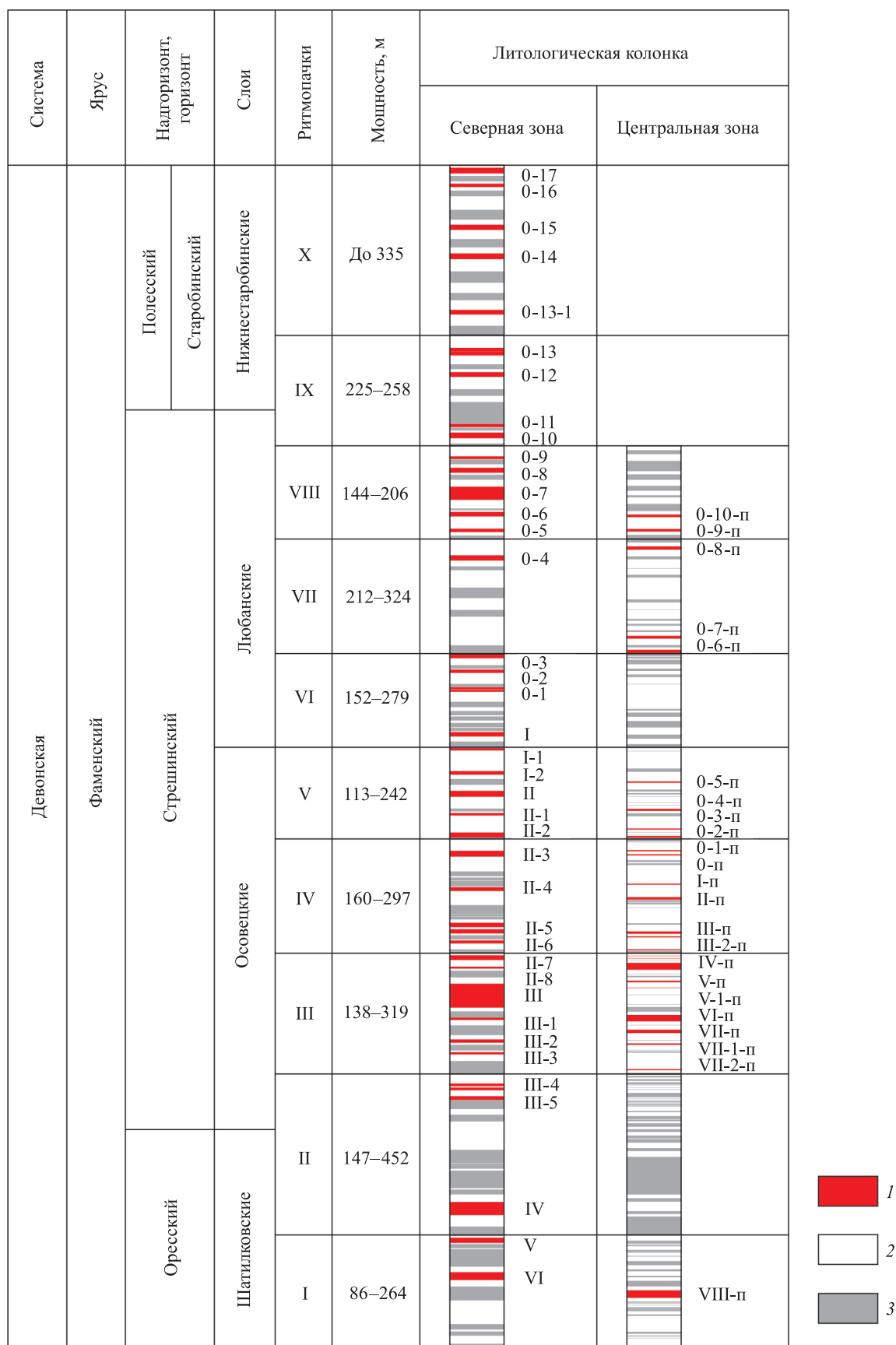


Рис. 2. Сводная литолого-стратиграфическая колонка калиеносной подтолщи:
1 – калийные соли; 2 – каменная соль; 3 – галопелиты

Fig. 2. Generalized lithostratigraphic section of the potash-bearing stratum:
1 – potash salts; 2 – rock salts; 3 – halopelitics

Материалы и методы

Сильвин и карналлит являются основными калийными соляными минералами в хлоридных соленосных формациях Припятского калиеносного бассейна. Сильвин составляет основу калийных руд, входит в состав пород карналлит-сильвин-галитового ряда и присутствует в виде включений в каменной соли. Сочетание структурно-текстурных признаков, окраски и присутствующих примесей определяет облик типичных пород калийных горизонтов Припятского прогиба, формирующих гиперсоляные ассоциации: красноцветную (старобинский тип) и пестроцветную, иногда красноцветно-пестроцветную (петриковский тип) [6]. Тип залежей и структурно-текстурные особенности калийных руд в основном сохраняются по площади бассейна.

Для классификации соляных пород по компонентному составу приняты две основные границы: 95 % (определяющая деление пород на моно- и немоналитические) и 50 % (разделяющая породы на идио- и микстолитические) [7]. По вещественной характеристике калийных солей сильвин-галитового ряда таким образом выделены: сильвиновая порода (содержание сильвина 95–100 %), галит-сильвиновая порода (50–75 %), сильвин-галитовая порода (25–50 %), сильвинсодержащая каменная соль (5–25 %). Среди микстолитических образований на этом этапе могут быть рассмотрены «глинистые» соляные породы, в которых появляется третий (негалогенный) компонент, содержание которого иногда достигает 25–30 %.

Следует оговориться, что промышленная классификация сильвинитов, оцениваемая поинтервально для расчета кондиций или подсчета запасов, остается за рамками приводимой вещественной классификации, используемой в основном в генетических целях. С другой стороны, правильная оценка структурно-текстурных особенностей имеет большое значение при обосновании и составлении схемы технологического передела калийных руд. Принципиально, что термин «сильвиниты», применяемый в настоящее время, полностью отвечает классификации калийных руд. При геолого-промышленной характеристике месторождений хлоридного типа выделяются богатые руды – свыше 29 % KCl (18 % K₂O), рядовые – 22–29 % KCl (18–14 % K₂O) и бедные – менее 22 % KCl (14 % K₂O). По классификации для природных разновидностей сильвинитов 5–15 % KCl содержат бедные сильвиниты, 15–25 % – рядовые, 50–75 % KCl – богатые [8].

Подготовка базовой классификации – систематики галогенных пород – должна дополняться более специализированными классификациями (по химическому составу, генетическим различиям). Это в полной мере становится ясно, когда сравниваются соленосные толщи Припятского бассейна разного возраста, в основном характеризующиеся близкими структурно-текстурными особенностями. В настоящей работе, понимая всю сложность такого разделения, мы исходим из последующей вторичной оценки генезиса на основе корреляции с петроструктурными типами. Для устранения классификационного петрографического парадокса предпринята попытка произвести деление строго по микропетроструктурным признакам, соединяя классификационно-методологические, «определяющие», или сравнительно-диагностические, и верификационные (по смыслу смыкающиеся с генетической интерпретацией галогенных толщ при создании геолого-генетических моделей) принципы.

Галогенные породы являются одним из главных типов отложений осадочного выполнения Припятского прогиба. С этих позиций детальное и комплексное изучение как производного от условий формирования, так и определяющего свойства этой породы фактора представляется очень важным и перспективным для познания генезиса калийных руд. В основе типизации и классификации соляных пород лежат понятия структуры (размещение, величина и форма минеральных зерен или кристаллов) и текстуры (особенности пространственного расположения минеральных агрегатов, различных по структуре и составу). В настоящее время в зарубежной литературе все чаще появляется термин *microfabric*, что в нашем понимании означает микропетроструктурные особенности пород. Для микроскопического исследования соляных пород изготавливаются шлифы, превосходящие по площади обычные в несколько раз (до 7–10), в связи с этим характеристика структур галогенных пород приобретает в известной мере смысл текстурных признаков. Наиболее различающимися соляные породы являются структурные признаки. Текстурные особенности касаются описания микротекстур по мощности прослоя (прослойка) и степени выдержанности в пространстве с учетом макротекстурной характеристики.

При макроскопическом исследовании соляных пород визуально выделяют окраску, примерный размер зерен, текстурные особенности, различия в структурах. Окраска зерен от всех оттенков красного цвета до молочно-белого, а также бесцветного формирует красноцветные и светлоокрашенные, включая пестроцветные, разности. По характеру распространения окраски выделяются равномерно и неравномерно окрашенные, когда отмечается либо более интенсивное окрашивание центральных частей зерен (в виде скоплений, пятен, сгустков) с осветленными краями, либо каемчатая окраска, приуроченная к периферии зерен.

При оценке микропетроструктурных особенностей соляных пород поздних стадий галогенеза при микроскопическом описании шлифов придерживаются следующей последовательности: величина зерен → форма зерен → распространение (взаимоотношение) зерен в пространстве → внутреннее строение зерен → наличие несоляных примесей и их идентификация.

Терминология, используемая по отношению к структурам соляных пород и калийных руд, в значительной мере производна от разработанной для пород изверженных [7], что вполне закономерно в силу принадлежности столь различных типов пород к группе кристаллически-зернистых и принципиального сходства большинства характерных для них структурных соотношений. Рассмотрение текстур проведено с учетом микротекстур и макротекстур прослоев и слоев.

Разнообразие генетических и морфологических типов структур и текстур, их сочетаний в калийных рудах определяет создание достаточно сложных морфоструктурных особенностей. Неоднозначность строения обусловлена, с одной стороны, многообразием форм осаждения материала и меняющимися условиями диагенеза и катагенеза, а с другой – специфическими особенностями галогенеза: ранней литификацией осадка, химической подвижностью минералов, высокой способностью к растворению.

В базовой многоцелевой структурно-текстурной классификации галогенных образований Припятского калиеносного бассейна использован единый принцип деления, в котором учтены минеральный состав и структурная композиция элементов строения.

Результаты исследований и их обсуждение

По генетическому признаку выделяются первичноседиментационные и постседиментационные группы структур. Микропетроструктурный облик калийных руд залежей Припятского калиеносного бассейна многообразен и нередко имеет эпигенетическое происхождение, проявляющееся в соляных породах, испытавших воздействие тектонического сжатия и растяжения. Однако особенности микроструктур и микротекстур определяются в основном процессами и механизмами кристаллизации. Соляные породы на многих участках развития соленосных отложений сохраняют свой первичный структурно-текстурный облик, так называемый фон месторождения. Прежде всего сохраняется макротекстура слоев. Но внутри слоев на уровне пакетов и прослоев микропетроструктурно-текстурные особенности могут меняться и меняются. Кристаллизация из раствора ответственна за формирование первичных структур. Соляные породы нередко слагаются целиком кристаллическими зернами.

Вторичные структуры связаны с процессами перекристаллизации, возрастанием крупности зерен (кристаллов), явлениями растворного метасоматоза и т. д. В основной массе признаки седиментационного генезиса пород (исходный состав и структурно-текстурный облик) сохраняются в условиях спокойного залегания элементарных ритмов разреза (пластов, слоев и прослоев). Поразительна сохранность первичноседиментационных структур красноокрашенных сильвинитов, когда и слои не утрачивают своей первоначальной слоистости. Диагенетические процессы лишь частично изменяют первоначальную текстуру прослоев. Возникающие на месторождениях проблемы изменчивости качества калийных руд обуславливают необходимость типизации текстур и структур в целях использования для диагностики первичности или вторичности их происхождения.

По форме зерен и их взаимоотношениям выделяются породы:

- зернистые;
- кристаллически-зернистые;
- зонально-зернистые.

Структуры соляных пород в основном принадлежат к группе кристаллически-зернистых.

Если порода представлена какой-либо одной гранулометрической разновидностью, то она называется *равнозернистой, равномерно-зернистой* (или *равнокристаллической*, если сложена идиоморфными кристаллами более или менее равного размера).

Для характеристики структурных особенностей соляных пород **по величине зерен** используется шкала размерности, предложенная В. Н. Щербиной, которая несколько отличается от классификаций других авторов [9]. Среди структур соляных пород по величине зерен выделены: микрозернистая структура с размерами зерен менее 1 мм; мелкозернистая – от 1 до 3 мм; среднезернистая – от 3 до 5 мм; крупнозернистая – от 5 до 10 мм; гигантозернистая – свыше 10 мм (табл. 1).

По соотношению зерен по размерности выделяются *равнозернистая (равнокристаллическая)* и *разнозернистая (смешанная)* структуры, которые характеризуются также особенностями распределения в пространстве: *недифференцированная* или *четко дифференцированная (порфировая, порфировидная)*.

Среди соляных пород Припятского калиеносного бассейна наиболее распространены разнозернистые (или разнокристаллические в случае отчетливого идиоморфизма зерен) образования. Даже в относительно

равномерно-зернистых структурах выделяются участки с различными размерами зерен. При определении и описании структур по размерам зерен отмечаются пределы их колебаний с указанием преобладающих размеров и количественных соотношений.

Таблица 1

**Гранулометрический спектр калийных руд
продуктивных пластов Старобинского месторождения**

Table 1

**Granulometric spectrum of potash ore
of the preferred mining layers of the Starobin deposit**

Горизонт, слой		Площадь	Содержание фракций, %		
			Менее 1 мм	1–3 мм	Более 3 мм
II	1, 2	Красная Слобода	41,0	42,8	16,2
		Шахтное поле 2РУ	37,6	47,2	15,2
		Нежинский участок	20,5	57,3	22,2
III	4	Красная Слобода	33,3	53,4	13,3
		Шахтное поле 2РУ	25,4	56,4	18,2
		Шахтный участок	37,2	47,4	15,4
	3	Красная Слобода	38,2	43,4	18,4
		Шахтное поле 2РУ	35,5	52,6	11,9
		Нежинский участок	47,2	38,4	14,4
	2	Красная Слобода	67,6	14,7	17,7
		Шахтное поле 2РУ	41,4	42,9	15,7
		Нежинский участок	37,6	45,3	17,1
IV	11	Красная Слобода	15,9	41,3	42,8
	9		39,0	33,9	27,1
	8		31,7	36,9	31,4
	7		41,3	40,9	17,8

Примечание. РУ – рудоуправление.

По гранулометрическому спектру наиболее часто встречаются мелко- и микрозернистая, мелко- и среднезернистая, средне-, крупно- и гигантозернистая структуры (табл. 2 и 3).

Таблица 2

**Разновидности сильвинитов в основных промышленных
калийных горизонтах Старобинского месторождения**

Table 2

**Sylvinite types of the main preferred mining
potash horizons of the Starobin deposit**

Калийный горизонт	Площадь	Соотношение структур, %				
		Средне-, крупно- и гигантозернистая	Мелко-, средне- и крупнозернистая	Средне-, микро- и мелкозернистая	Мелко- и микрозернистая	
					Всего	В том числе осветленная
0–7	Нежинский участок	–	4,2	22,8	73,0	26,5
I	Шахтное поле 3РУ	–	34,5	5,4	60,1	25,5
	Нежинский участок	–	29,8	9,8	60,4	22,2
	<i>Среднее</i>	–	32,2	7,6	60,2	23,9

Окончание табл. 2
Ending table 2

Калийный горизонт	Площадь	Соотношение структур, %				
		Средне-, крупно- и гигантозернистая	Мелко-, средне- и крупнозернистая	Средне-, микро- и мелкозернистая	Мелко- и микрозернистая	
					Всего	В том числе осветленная
II	Шахтное поле 2РУ	–	27,0	33,1	39,9	10,2
	Шахтное поле 3РУ	–	30,0	23,0	47,0	12,1
	Шахтное поле 4РУ	–	38,6	24,8	36,6	9,4
	Нежинский участок	–	30,1	28,3	41,4	19,1
	<i>Среднее</i>	–	31,4	27,3	41,7	12,7
III	Шахтное поле 2РУ	4,2	16,8	29,7	49,3	2,6
	Шахтное поле 3РУ	5,7	22,4	22,0	49,9	13,0
	Нежинский участок	2,3	23,6	10,7	64,3	25,0
	<i>Среднее</i>	4,0	21,0	20,8	54,2	13,5
IV	Красная Слобода	–	41,8	9,1	49,1	21,3

Основная масса представлена зернами с различной степенью кристаллографической огранки (определяющей уровень идиоморфизма):

- *изометричными*;
- *идиоморфными* (хорошо ограненными);
- *гипидиоморфными* (частично ограниченными);
- *ксеноморфными* (лишенными кристаллографических очертаний).

В зернах нет разновозрастного отражения стадийности их формирования с различной степенью идиоморфизма. Сильвин и галит различаются по степени идиоморфизма: зерна сильвина почти всегда ксеноморфны, а галита – более отчетливо идиоморфны. Для окрашенных зерен обычно характерна ксеноморфная форма, особенно причудливая в крупных зернах. В идиоморфных зернах наблюдаются признаки первичного зонального строения, нередко выражающиеся в отчетливом распределении окраски по зонам роста параллельно граням куба.

Таблица 3

**Разновидности сильвинитов в калийных
горизонтах на площадях разведочных работ**

Table 3

Sylvinite types of potash horizons in exploration areas

Месторождение/площадь; скважина, горизонт	Слой	Соотношение сильвинитов по окраске, %			Соотношение структур сильвинитов, %			
		Темноокрашенные	Светлоокрашенные	Белые	Микро- и мелкозернистая	Смешанная	Мелко- и среднезернистая	Средне- и крупнозернистая
Октябрьское; 484, 0–8	2	76,5	5,9	17,6	48,5	3,0	48,5	–
	1	37,5	62,5	–	26,6	4,7	62,5	6,2

Окончание табл. 3
Ending table 3

Месторождение/площадь; скважина, горизонт	Слой	Соотношение сильвинитов по окраске, %			Соотношение структур сильвинитов, %			
		Темноокрашенные	Светлоокрашенные	Белые	Микро- и мелкозернистая	Смешанная	Мелко- и среднезернистая	Средне- и крупнозернистая
Октябрьское; 484, I	2–4	100,0	–	–	41,6	31,5	24,7	2,2
	1	38,9	46,3	14,8	22,2	13,0	35,2	29,6
Петриковское; 358, IV-п	4	–	94,4	5,6	11,1	–	33,3	55,6
	3	–	80,0	20,0	–	–	14,5	85,5
	2	–	81,5	18,5	–	–	70,4	29,6
	1	8,2	72,2	19,6	1,0	–	24,7	74,3
Копаткевичская; 541, VI-п	4	100,0	–	–	23,9	39,3	17,1	19,7
	3	76,7	16,6	6,7	58,3	35,0	6,7	–
	2	67,7	32,3	–	32,3	35,5	32,2	–
	1	65,8	34,2	–	32,5	29,9	37,6	–
Копаткевичская; 545, VI-п	4	94,5	5,4	–	46,4	21,4	12,5	19,6
	3	57,4	24,5	18,1	31,0	5,2	47,7	16,1
	2	75,0	25,0	–	65,0	35,0	–	–
	1	65,1	22,0	12,9	20,2	33,0	36,7	10,1
Копаткевичская; 520, VI-п	4	100,0	–	–	29,9	18,7	51,4	–
Копаткевичская; 535, VI-п	3	50,0	41,9	8,1	12,9	31,5	34,7	20,9
	1	65,7	28,4	5,9	22,5	31,4	28,4	17,7

Для отображения формы зерен используются такие термины: таблитчатая, вытянутая, призматическая, округлая, овальная, линзовидная, угловатая, игольчатая, волокнистая. Контуры зерен также вносят свой вклад в характеристику структур, отражая последовательность кристаллизации и стадийность в оценке постседиментационных процессов: отчетливые или неотчетливые (слаборазличимые), ровные, прямолинейные, извилистые.

Среди калийных руд Припятского калиеносного бассейна выделены следующие основные структуры сильвинитов:

- *изометричнозернистая* с неправильной изометричной формой зерен сильвина разной размерности. В красноокрашенных сильвинитах – мелко и среднезернистая с отчетливыми признаками зонального строения, в светлоокрашенных – крупнозернистая, при этом зерна сильвина лишены зонального строения (рис. 3, а);
- *гипидиоморфнозернистая*, в которой идиоморфные кристаллы галита рассеяны среди разнотермической массы зерен сильвина (рис. 3, к): широко распространена среди сильвинитов как порфировидная или порфиروبластовая разновидность;
- *ксеноморфнозернистая* с зернами неправильной формы, имеющими обычно и неровные извилистые контуры (рис. 3, в);
- *каркасная* с угловатыми и клиновидными зернами сильвина и их вытянутыми сростками, которые оконтуривают скопления идиоморфных кристаллов галита и принимают на контактах с ними ложноидиоморфные очертания (рис. 3, б);
- *ориентированная* с уплощенной или сплюсненной формой зерен, вытянутых в плоскости слоистости или под разными углами к слоистости (соотношение осей 2–6) (рис. 3, г). Перекристаллизация приводила

к появлению весьма удлинённых агрегатов зерен призматического облика, обуславливающих возникновение линзовидной слоистости, иногда с так называемой дощатой отдельностью. Такое расположение зерен нередко указывают при характеристике не только структур, но и текстур. Ориентированные структуры в сильвинитах характерны для мелко- и микрозернистых пород, возникают при охлаждении рапы, часто подвержены влиянию постседиментационных процессов – осветлению и обесцвечиванию. Ориентированно-гранулированная структура местами переходит во флюидальную со структурой течения (или «волочения»);

- *пойкилитовая (пойкилобластовая)* с наличием многочисленных вростков и включений сильвина в галите или галита в сильвине (рис. 3, и);

- *петельчатая и ее разновидности*: очковая, идиоморфно-петельчатая, идиоморфно-поровая, венцовая с узкими скоплениями мелких идиоморфных кристаллов галита (0,05–0,2 мм) с распределяющейся крестообразно желтовато-бурой окраской. Эти скопления окружают ксеноморфные зерна сильвина в виде чехлов, корродируя и замещая их в промежутках между более крупными ксеноморфными зернами сильвина (рис. 3, е). В шлифах отмечаются петли разной формы – округлой, овальной, щелевидной, – обычно с замкнутыми, реже с разорванными контурами в зависимости от слагающих породу зерен. Структура наглядно отражает сочетание одновременно образованных минеральных зерен соляных минералов. Петельчатая структура широко распространена в калийных рудах и свидетельствует о происходивших постседиментационных процессах высаливания, перекристаллизации, метасоматического замещения, разложения, растворения части зерен. Иногда в петельчатых скоплениях, наряду с галитом высаливания, появляются включения галопелитового вещества;

- *очковая* с крупными (до 2 см) зернами сильвина неправильной изометричной или причудливой заливообразной формы с отчетливым зональным рисунком, почти бесцветными, окруженными, как чехлами, скоплениями из смеси темно-бурого красящего вещества, мелких округлых зерен сильвина, отдельных включений карналлита, галопелитового материала, микрозернистого галита (рис. 3, ж);

- *коррозионная («разъедания»)*, когда весьма мелкозернистые скопления буроватого галита окружают и корродируют зерна сильвина (рис. 3, з);

- *остаточной вкрапленности*, когда среди основной массы мелкозернистого галита присутствуют включения ксеноморфных зерен сильвина, заливообразно выполняющих промежутки между более идиоморфными и изометричными зернами галита, иногда со следами зонального строения;

- *пламневидная*, флюидальная с неравномерно параллельно-шестоватыми агрегатами сильвина удлинённой вытянутой формы, нередко в той или иной степени осветленными или обесцвеченными (рис. 3, д), часто ориентированными под углом к слоистости и общей ориентировке основной массы сильвинита;

- *шпатовидная*, представленная крупными кристаллами либо сплошной стекловатой массой, в которой не различаются контуры между отдельными кристаллами сильвина, обладающими отчетливыми трещинами спайности (рис. 3, л);

- *блочная*, характерная для пестрых сильвинитов (рис. 3, м).

Текстурные особенности соляных пород подчеркивают характер взаимного расположения агрегатов зерен минералов в пространстве прослоя, слоя, пласта. Макротекстура слоев красных сильвинитов слоистая, светлоокрашенных сильвинитов – неяснослоистая, вкрапленно-слоистая, реже слоистая, а пестрых сильвинитов – беспорядочная.

Основные типы микротекстур: однородная, полосчатая, беспорядочная (неяснополосчатая). Самые маломощные прослои (0,5–1,5 см) в основании слоев калийных горизонтов красноцветной ассоциации однородны в структурном отношении (изоструктурны) и обладают беспорядочной микротекстурой. Полосчатая микротекстура прослоев красных сильвинитов связана с изменением окраски, размеров зерен, состава породы и количества несоляных примесей. Количество полос обычно 2–3, но может быть и более (многополосчатые). Микротекстура прослоев светлоокрашенных сильвинитов большей частью беспорядочная и неяснополосчатая.

Общей особенностью строения полосчатых сильвинитовых прослоев является различие в структуре их нижней и верхней частей. Внизу прослеживается полоса (0,5–2,5 см), сложенная более крупными и светлыми зернами сильвина (размером 1–5 мм), неправильной изометричной формы, с отчетливыми следами зонального строения («лодочки» и «елочки»). Структура преимущественно мелко- и среднезернистая и обычно соответствует размерности зерен в подстилающих прослоях каменной соли. В верхних загрязненных несолевыми примесями частях слоев нижняя полоса имеет более темную окраску, и в ее гранулометрическом спектре заметно возрастает доля мелких зерен сильвина (средне-, микро- и мелкозернистая – смешанная структура). Верхняя полоса сложена зернами сильвина (размером 0,1–2,0 мм) с более интенсивной вишнево-бурой окраской, нередко уплощенными и ориентированными в плоскости слоистости.

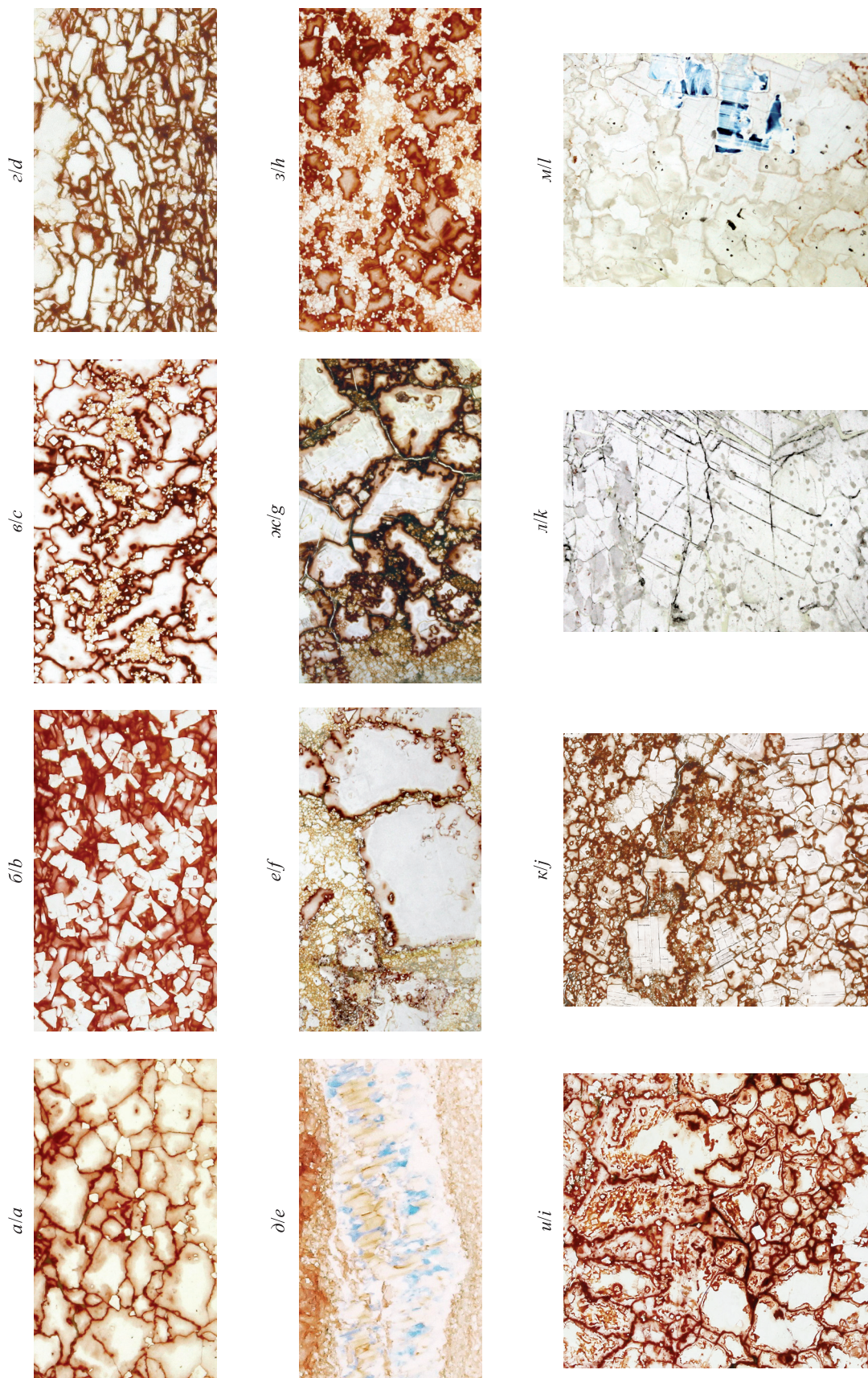


Рис. 3. Основные структуры сylvинитов:

a – изометричнозернистая; *б* – каркасная; *в* – ксеноморфнозернистая с венцовой формой зерен;
г – ориентированная; *д* – пламенивидная; *е* – петельчатая; *ж* – очковая; *з* – коррозионная;
и – пойкилитовая; *к* – гипидиоморфнозернистая с признаками деформации; *л* – шпатовидная; *м* – блочная

Fig. 3. Main structures of sylvinites:

a – isometric-granular; *b* – frame; *c* – xenomorphic-granular with crowned shape of grains;
d – directive; *e* – flame-like; *f* – knitted; *g* – augen; *h* – corrosive; *i* – poikilitic;
j – subhedral-granular, with some deformation features; *k* – spar-like; *l* – block

При увеличении доли галита в составе сильвинитовых прослоев на месте нижних полос развиваются вкрапленная, верхних – каркасные структуры. В полосах с микро- и мелкозернистой ориентированной структурой (особенно при их значительной мощности) развивается целый ряд диагенетических структур, обусловленных процессами обесцвечивания или осветления. Полосы осветленного (обесцвеченного) сильвинита создают микрополосчатость II порядка. На начальной стадии обесцвечивания по краям окрашенных зерен сильвина появляется узкая обесцвеченная «реакционная» каемка («оплавление – сглаживание» контуров без изменения формы и размеров). Значительно осветленные и обесцвеченные зерна увеличиваются в размере, приобретают овальный или резко ксеноморфный вытянутый облик, с субпараллельной ориентацией под углом к ориентировке основной неизменной массы сильвиновых зерен. На конечной стадии среди темноокрашенного мелко- и микрозернистого сильвинита отмечаются полосы (до 5–10 мм) сливного шпатовидного белого сильвина.

По генетическому признаку выделяются первичноседиментационные и постседиментационные группы структур. Прослои красноокрашенных сильвинитов с первичноседиментационными структурами не утрачивают своей первоначальной слоистости. Диагенетические и катагенетические процессы частично изменяют первоначальную текстуру, тогда как для сильвинитов пестроцветной ассоциации характерно широкое развитие вторичных многостадийных процессов (рис. 4).

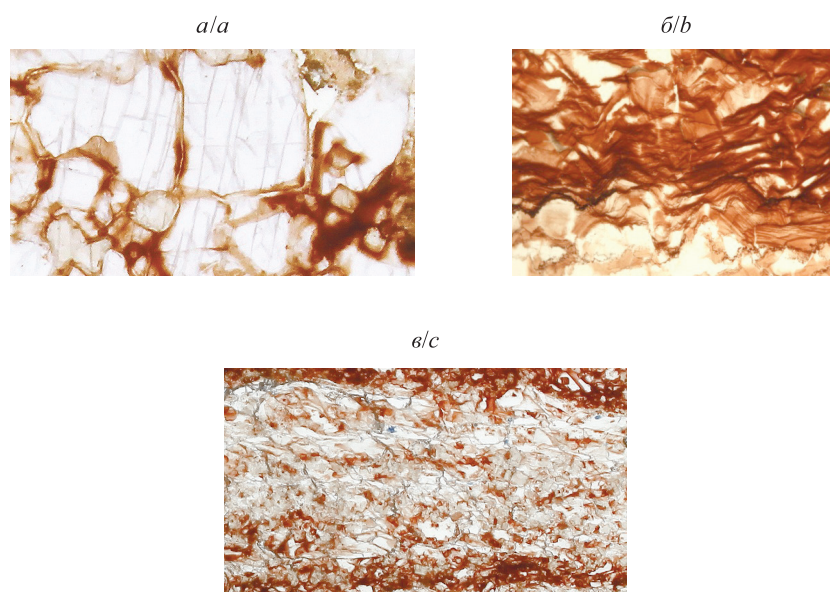


Рис. 4. Постседиментационные структуры калийных руд:
а – со следами скольжения: линии Чернова – Людерса;
б – структура сжатия и выщелачивания оригами; в – структура обесцвечивания

Fig. 4. Post-sedimentary structures of potash ore:
a – with slip traces: Chernov – Luders bands;
b – origami structure of compression and leaching; c – discoloration structure

Разнообразие структур и текстур, их сочетаний в сильвинитах обусловлено условиями кристаллизации солей из раствора, ранней литификацией осадка, высокой способностью к растворению. Особенности структур и текстур определяются в основном процессами и механизмами кристаллизации. Сильвиниты формируются в неодинаковых обстановках: конседиментационного накопления в солеродном бассейне в открытой системе на разных стадиях пегниогенного процесса; проникновения в соляные залежи вод, агрессивных по отношению к сильвинитам и другим калийным солям. Среди постседиментационных процессов, значительно влияющих на изменчивость состава и строения калиеносных отложений, наиболее важными являются процессы осветления, обесцвечивания, укрупнения зерен, а также формирование флюидалных структур и текстур.

Заключение

Проведена типизация калийных руд на основе представительных образцов и шлифов калийных солей, составляющих основу залежей Припятского калиеносного бассейна. При этом выполнен сравнительный анализ микропетроструктурных особенностей калийных руд продуктивных слоев и пластов. Для характеристики рассмотрены цветовое разнообразие, макротекстурные и микропетроструктурные особенности.

Номенклатура соляных пород, употребляемая в практических целях и используемая в научной литературе, крайне неоднородна по принципам выделения и критериям. Это затрудняет сопоставление получаемых новых материалов по калийным залежам Припятского калиеносного бассейна, а также проведение сравнительного анализа с другими месторождениями калийных солей.

Среди параметров в первую очередь были рассмотрены структурная основа сильвинитов с учетом микротекстурных и макротекстурных особенностей, характер пространственной приуроченности микропетроструктур сильвинитов и опосредованно вещественный состав с оценкой первичности-вторичности минералов и пород.

Выделены основные типы микропетроструктур сильвинитов, свидетельствующие о неравномерности развития формирующих и изменяющих облик пород процессов.

Своеобразие и разнообразие калийных руд Припятского калиеносного бассейна с точки зрения их структурно-вещественной характеристики определены процессами седиментогенеза, диагенеза и эпигенеза. Современный облик и состав сильвинитов напрямую зависят от степени изменения постседиментационными процессами.

Библиографические ссылки

1. Айзберг РЕ, Старчик ТА. *Синрифтовая геодинамика Припятского прогиба*. Минск: Беларуская навука; 2013.
2. Кудельский АВ, редактор. *Девонские соленосные формации Припятского прогиба*. Минск: Наука и техника; 1982.
3. Кудельский АВ, редактор. *Калийные соли Припятского прогиба*. Минск: Наука и техника; 1984.
4. Вассоевич НБ, редактор. *Справочник по литологии*. Москва: Недра; 1983.
5. Яржемский ЯЯ, редактор. *Атлас структур и текстур галогенных пород СССР*. Ленинград: Недра; 1974.
6. Петрова НС, Седун ЭВ, Ляхович ОК. Специфические особенности калиеносных зон Припятского прогиба. В: Мерзляков ГА, Якшин АЛ, редакторы. *Литолого-фациальные и геохимические проблемы соленакопления*. Москва: Наука; 1985. с. 185–194.
7. Шванов ВН, редактор. *Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов*. Санкт-Петербург: Недра; 1998.
8. Яржемский ЯЯ. *Калийные и калиеносные галогенные породы*. Новосибирск: Наука; 1967.
9. Щербина ВН. Типы сильвинитовых пород Припятского соляного бассейна. *Известия АН БССР. Серия физико-технических наук*. 1959;3:129–132.

References

1. Aizberg RE, Starchik TA. *Synriftovaya geodinamika Pripyatskogo progiba* [Synrift geodynamic of the Pripyat trough]. Minsk: Belaruskaya navuka; 2013. Russian.
2. Kudelsky AV, editor. *Devonskie solenosnye formatsii Pripyatskogo progiba* [Devonian salt-bearing formations of the Pripyat trough]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1982. Russian.
3. Kudelsky AV, editor. *Kaliinye soli Pripyatskogo progiba* [Potash salts of the Pripyat trough]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1984. Russian.
4. Vassoevich NB, editor. *Spravochnik po litologii* [Lithology handbook]. Moscow: Nedra; 1983. Russian.
5. Yarzhemsky YaYa, editor. *Atlas struktur i tekstur galogennykh porod SSSR* [Atlas of structures and textures of the USSR's halogenous rocks]. Leningrad: Nedra; 1974. Russian.
6. Petrova NS, Sedun EV, Lyahovich OK. Specific features of potash-bearing zones of the Pripyat trough. In: Merzlyakov GA, Yakshin AL, editors. *Litologo-fatsial'nye i geohimicheskie problemy solenakopleniya* [Lithologic-facial and geochemical problems of salt accumulation]. Moscow: Nauka; 1985. p. 185–194. Russian.
7. Shvanov VN, editor. *Sistematika i klassifikatsiya osadochnykh porod i ih analogov* [Systematics and classification of sedimentary rocks and their analogues]. Saint Petersburg: Nedra; 1998. Russian.
8. Yarzhemsky YaYa. *Kaliinye i kalienosnye galogennye porody* [Potash and potash-bearing halogenous rocks]. Novosibirsk: Nauka; 1967. Russian.
9. Shcherbina VN. Tipy sil'vinitovykh porod Pripyatskogo solyanogo basseina. *Izvestiya AN BSSR. Seriya fiziko-tekhnicheskikh nauk*. 1959;3:129–132. Russian.

Статья поступила в редколлегию 16.11.2018.
Received by editorial board 16.11.2018.