*УДК 551.83+551.3.051* DOI: http://doi.org/10.31084/2619-0087/2020-1-3

# ЭВАПОРИТОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ПРИУРАЛЬСКОГО СОЛЕРОДНОГО БАССЕЙНА НА ТЕРРИТОРИИ ГЕОПАРКА ТОРАТАУ (СОСТАВ, УСЛОВИЯ ЗАЛЕГАНИЯ, ДИАПИРИЗМ)

**© 2020 г. В. М. Горожанин**

**Реферат.** В кунгурском веке ранней перми во время коллизии континентов и роста Уральского орогена в западном Приуралье сформировалась эвапоритовая формация. В Бельской впадине Предуральского прогиба, на территории которой располагается геопарк Торатау, разрез эвапоритов кунгурского яруса мощностью от 500 до 1200 м состоит из трех горизонтов — соленосного, гипсово-ангидритового и переходного. Соленосный горизонт в погруженных частях прогиба состоит из каменной соли, ангидритов, глин. В солях в подчиненном количестве присутствует полигалит.

Приводятся краткие сведения по литологии кунгурских эвапоритов в разрезах, расположенных в разных частях Предуральского прогиба: по р. Селеук, где они залегают на рифовых известняках, по р. Тейрук у пос. Смакаево, расположенном ближе к центральной части прогиба, где они залегают на депрессионных отложениях, и в восточной части прогиба по р. Зилим у пос. Акташево, где сульфаты перекрывают глубоководные флишевые отложения.

В эвапоритовых породах проявлены признаки пластического течения вещества, результатом которого является формирование диапировых структур, впервые описанных в этом районе в 40-х годах прошлого столетия (пос. Смакаево).

Для разреза «Акташево» подробно рассмотрены строение и первичные, превосходно сохранившиеся седиментологические признаки. Установлены флишевые терригенно-сульфатные ритмы с градационной и конволютной слоистостью, которые перекрываются отложениями штормовой седиментации со слоистостью тип HCS (хаммоки).

Вторичные, эпигенетические признаки, связанные с тектоническим воздействием на породы, выражены формированием ангидритовых конкреций, энтеролитовых внутрислоевых микроскладок, а также небольшими глинисто-кристаллокластическими диапирами — структурами межслоевого течения и брекчирования.

Общая модель седиментации кунгурских эвапоритов предусматривает катастрофичный рост солености и выпадения солей из морской воды, вызванный резким прекращением связи морского бассейна с мировым океаном, подобно Мессинскому кризису солености. Отличие от последнего состоит в перекрытии солей не морскими, а континентальными отложениями верхней перми.

*Ключевые слова:* Предуральский прогиб, кунгурский ярус, эвапориты, деформации сульфатной толщи, диапиры, кунгурский кризис солености

# EVAPORITE DEPOSITS OF THE URAL SALINE BASIN ON THE TERRITORY OF THE TORATAU GEOPARK (COMPOSITION, CONDITIONS OF OCCURRENCE, DIAPIRISM)

**© 2020 V. M. Gorozhanin**

**Abstract.** In the Kungurian Age of the Early Permian during the continent collision and growth of the Ural orogen in the Western Urals evaporite formation was formed. In Belsk basin of the Ural Foredeep, on the territory of the Toratau Geopark, section of the Kungurian evaporites with thickness ranging from

**Для цитирования:** Горожанин В. М. Эвапоритовые отложения Приуральского солеродного бассейна на территории геопарка «Торатау» (состав, условия залегания, диапиризм) // Геологический вестник. 2020. № 1. С. 25–51. DOI: http://doi.org/10.31084/2619-0087/2020-1-3.

**For citation:** Gorozhanin V. M. Evaporite deposits of the Ural saline basin on the territory of the “Toratau” Geopark (composition, conditions of occurrence, diapirism) // Geologicheskii vestnik. 2020. No. 1. P. 25–51. DOI: http://doi.org/10.31084/2619-0087/2020-1-3.

500 to 1200 m is composed of three horizons — salt, gypsum, anhydrite and the transition horizon. Salt bearing horizon in the submerged parts of the Foredeep consists of rock salt alternating with anhydrite, in places interbedded with saline grey clays. Subordinate polyhalite is present.

Brief information on the lithology of the Kungurian evaporites in sections, located in different parts of the Ural Foredeep is presented: along Seleuk river, where they overlay reef limestone; along Teyruk river, near Smakaevo village, located closer to the central part of the Foredeep, where they overlay depressional sediments; and at the Eastern part of the Foredeep, along Zilim river near Aktashevo village where the sulfates overlay deep-water flysch deposits.

The evaporite rocks show signs of plastic flowing, the result of which is the formation of diapir structures, first described in this area in the 40s of the last century (near Smakaevo village).

For the "Aktashevo" section, the structure and primary, perfectly preserved, sedimentological features are considered in detail. Flysch terrigenous-sulfate rhythms with graded bedding and convolute lamination, which are overlapped by storm sedimentation deposits with HCS (hummocky) type stratification, are established.

Secondary, epigenetic, signs associated with tectonic impact on rocks are expressed by the formation of anhydrite nodules, enterolitic intra-layer microfolds, as well as small clay-crystalloclastic diapirs — structures of interlayer flow and brecciation.

The general model of sedimentation of Kungurian evaporites provides for a catastrophic increase in salinity and salt loss from seawater, caused by the abrupt termination of the connection of the marine basin with the world ocean, like the Messinian salinity crisis. The difference from the latter is in the overlap of salts not by sea, but by continental deposits of the Upper Permian.

*Key words:* Preuralian Foredeep, Kungurian stage, evaporite, deformation of sulphate strata, diapir, Kungurian salinity crisis

**Общие сведения.** На территории геопарка Торатау распространена кунгурская соленосная эвапоритовая формация. Эта формация, развитая по всему западному Приуралью, формировалась в одном из крупнейших солеродных бассейнов мира. Его образование связано с отчленением Приуральского краевого прогиба от мирового океана и превращением его в изолированный эвапоритовый бассейн, в результате чего галогенные и сульфатные осадки заполнили всю впадину прогиба и восточную часть Русской платформы [Страхов, 1947; Богданов, 1947]. Это событие имело место в кунгурский век раннепермской эпохи в результате коллизии Восточно-Европейской платформы и Казахстанского континента [Пучков, 2010; и др.].

Большинство разрезов с эвапоритовыми отложениями расположены в западной части Предуральского прогиба, они вскрывают только верхи иреньского горизонта кунгурского яруса и соликамский горизонт уфимского яруса. Нижняя часть кунгурского яруса (филипповский и саранинский горизонты), сложенная преимущественно карбонатами, представлена в более северных разрезах, расположенных на Уфимском плато и западной части Юрюзано-Айской впадины Предуральского прогиба. На востоке этой впадины нижняя часть кунгура представлена флишевыми отложениями, аналогичными артинским.

В Бельской впадине Предуральского прогиба кунгурские отложения обычно глубоко погружены под толщей красноцветов верхней перми и могут наблюдаться только на сейсмических профилях. На территории геопарка Торатау имеется несколько разрезов, в которых эвапоритовые отложения выходят на поверхность, и здесь можно увидеть соотношение эвапоритов с подстилающими отложениями.

В разрезе «Селеук», расположенном в западном борту прогиба, сульфатная толща (вероятно, иреньский горизонт) залегает на артинских карбонатных отложениях горы Шахтау.

Восточная граница эвапоритовых отложений, залегающих на терригенных флишевых отложениях артинского яруса, обычно скрыта от наблюдения или интенсивно деформирована. И лишь в единственном разрезе восточной части прогиба — на р. Зилим у д. Акташево можно наблюдать залегание сульфатной толщи на подстилающих флишевых отложениях артинского яруса с постепенным переходом.

**История изучения эвапоритовой толщи.** Геологическое изучение района, начавшееся в связи с открытием Ишимбайского месторождения нефти, выявило необходимость изучения кунгурской толщи, перекрывающей нефтеносные карбонатные массивы и являющейся слабопроницаемой покрышкой для нефти. Эта осадочная толща перекрытия, состоящая преимущественно из ангидрита и гипса — природных сульфатов кальция, имеет довольно сложное строение и неоднозначный генезис. Изучением кунгурской толщи занимались известные исследователи — Н.М. Страхов [1947],

А.А. Богданов [1947]. По результатам литологического изучения было выделено три толщи: нижняя ангидрито-мергелистая (мощностью до 75 м), соленосная (мощность 1200–1800 м) и верхняя сульфатно-глинистая (мощность до 350 м), при этом состав нижней пачки различался в зависимости от положения разреза в прогибе.

Основные сведения по стратиграфии эвапоритовых отложений получены в настоящее время по территории, располагающейся севернее, на Среднем Урале, где к кунгурской эвапоритовой формации приурочено одно из крупнейших в мире месторождение калийных солей — Верхнекамское. Кунгурский ярус расчленен на саранинский, филлиповский (карбонатные) и иренский (солевой) горизонты.

Соленосная толща иренского горизонта в прогибе более дробно расчленена Б.И. Близеевым [1971] на отдельные ритмопачки мощностью 75–100 м каждая; они сопоставляются с ритмопачками юго-востока Русской платформы и Прикаспийской впадины. Каждый ритм начинается пачкой ангидритов и заканчивается пачкой соли. В наиболее полных разрезах выделено от 11 до 13 ритмопачек. В Ишимбайском Приуралье из-за тектонизации отложений и вовлечения их в соляной диапиризм столь дробное расчленение затруднительно.

В Бельской впадине Предуральского прогиба (рис. 1), часть территории которой расположена в пределах геопарка Торатау, разрез эвапоритов кунгурского яруса состоит из трех горизонтов — соленосного, гипсово-ангидритового и переходного [Страхов, 1947]. Соленосный горизонт в погруженных частях прогиба состоит главным образом из каменной соли и чередующихся с ней ангидритов; местами также с карбонатной и терригенной примесью в виде прослоев глин, алевритов и песчаников. Мощность колеблется от 500–600 до 1000–1200 м. Кунгурские эвапориты Южного Приуралья состоят в основном из сульфатов кальция (ангидрит, гипс) и хлоридов натрия (галит). Гипсы имеют вторичное происхождение, связанное с гидратацией ангидритов; по этой причине они преобладают в верхних частях галогенной толщи. В скважинах при абсолютных отметках ее кровли ниже –450 м встречаются только ангидриты. В подчиненном количестве присутствуют другие эвапоритовые минералы, из которых наиболее важны галит и полигалит, обнаруженные в месторождении Ярбишкадак у г. Ишимбай.

В Предуральском прогибе кунгурские эвапориты обычно перекрыты более молодыми отложениями верхней перми и осадками кайнозоя и могут быть изучены только поисковыми скважинами на нефть или гипс.

Солеродные отложения кунгурского яруса из-за своей высокой растворимости обычно не образуют хороших обнажений. Они выходят в редких естественных обнажениях, образовавшихся благодаря неотектонической активизации отдельных блоков земной коры, которая вывела их на поверхность и сделала доступной для изучения.

На широте Шиханского тектонического блока эвапориты обнажены в разрезе по правобережью р. Селеук у д. Ишеево. При видимом субгоризонтальном залегании они достаточно сильно деформированы (профиль C–D, рис. 2). К северу и югу от Шиханского блока эвапориты погружены на глубину 0.5–1.0 км, и их можно видеть только в виде отдельных гряд и столбообразных штоков и диапиров, прорывающих вышележащие отложения уфимского яруса верхней перми (Смакаевский карьер и г. Машаш, профили E–F и G–H, см. рис. 2).

В восточной части Предуральского прогиба, где кунгурская эвапоритовая формация перекрывает флишевую, осадочные толщи вовлечены в зону Уральской складчатости и обнаженность обычно недостаточна. Исключение составляет участок, находящийся на правобережье р. Зилим у д. Акташево, где имеется очень крупное и представительное обнажение кунгурских отложений восточной фациальной зоны.

В центральной части прогиба кунгурские эвапориты обычно погружены на глубину и перекрыты более молодыми отложениями, но в ряде мест они в виде столбообразных диапировых структур «выжаты» к поверхности и также стали доступными для изучения.

## Описание обнажений

### *Разрез «Селеук»*

В районе, прилегающем к карьеру Шахтау с востока, в бортах узкой долины р. Селеук имеются сплошные скальные выходы гипсов иренского горизонта кунгурского яруса (рис. 3а, б). Видимое залегание толщи гипсов в этом разрезе почти горизонтальное, однако документация разреза, выполненная А.И. Левенко с помощью прослеживания маркирующих слоев и детальных зарисовок, выявила общее моноклинальное залегание всей толщи с уклоном к востоку (см. рис. 3в).

Характерной чертой этой толщи являются внутриформационные дислокации, выраженные серией крупных, амплитудой до 100 м, складок,

осложненных более мелкой складчатостью и гофрировкой (рис. 4а). Внутренние части этих складок в виде отпрепарированных замков можно видеть у подножия склона (см. рис. 4б, в).

Этот разрез наглядно демонстрирует, что ангидриты и гипсы при деформациях становятся пластичными, что выражено в образовании большого количества складчатых форм посредством внутриформационного перетекания пластических масс из одного участка в другой. Складки охватывают не только тонкие слойки (первые сантиметры), им подвергались пачки толщиной в метры и десятки метров.

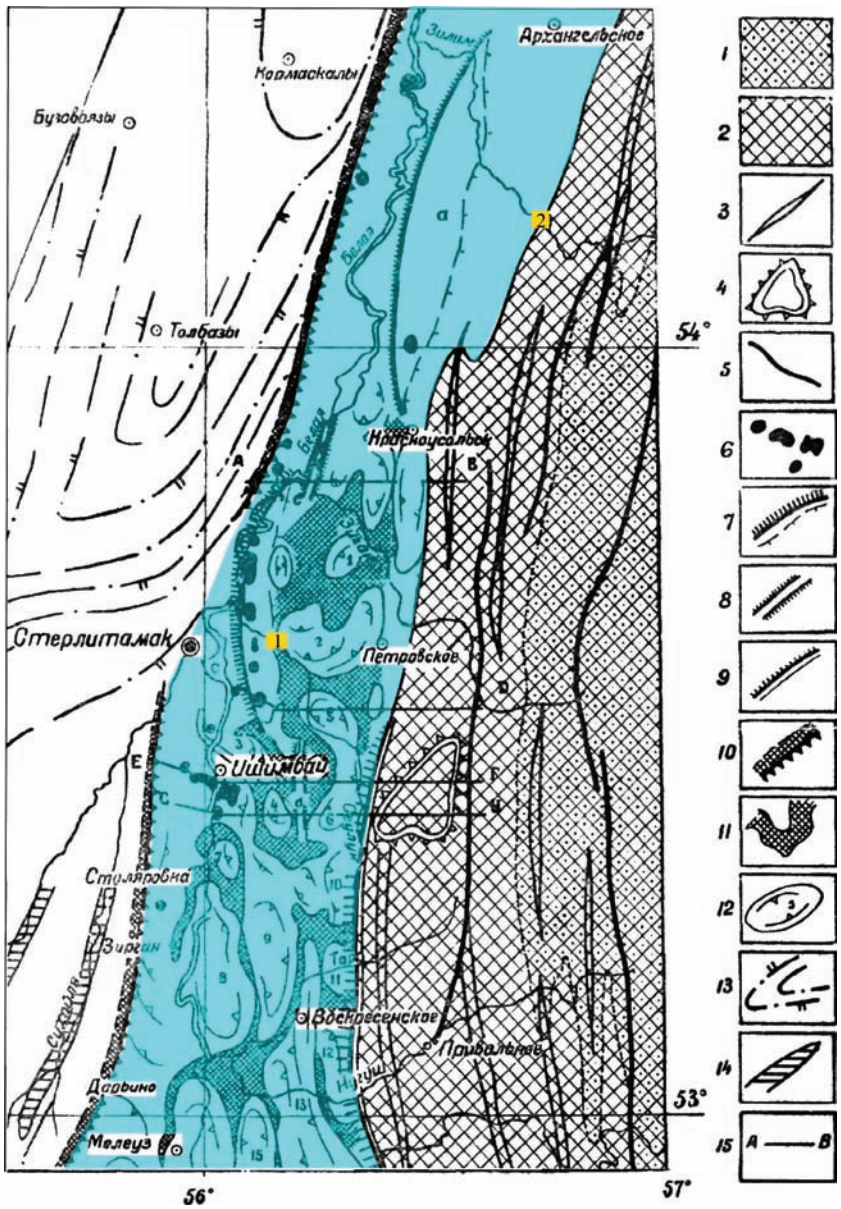


**Рис. 1. Кунгурская эвапоритовая формация в Предуральском краевом прогибе (выделено голубоватым цветом) Ишимбайского Приуралья. Геологическая основа — по карте А.А. Богданова [1947]**

*Условные обозначения* [Богданов, 1947]: **I. Западная окраина Уральской складчатой зоны.** 1 — протерозойские образования в сводовых частях антиклиналей; 2 — девонские, каменноугольные, сакмарские и артинские образования восточного крыла Уральского краевого прогиба; 3 — антиклинальные складки; 4 — куполовидные поднятия; 5 — надвиги и сбросы. **II. Предуральская депрессия.** 6 — рифовые массивы сакмарского и артинского возраста; 7 — односторонние горсты; 8 — горстовидные складки; 9 — флексуры восточного борта депрессии; 10 — флексура западного борта депрессии; 11 — гипсовые ядра линейных и кольцевых и диапировых складок; 12 — синклинальные блоки, выполненные красноцветной формацией: 1) Куюсыртский, 2) Ахмеровский, 3) Смакаевскай, 4) Баиковский, 5) Салиховский, 6) Ново-Татьяновский, 7) Аллакаевский, 8) Красногорско-Нурдавлетовский, 9) Благовещенский, 10) Слободско-Буденинский, 11) Верхоторский, 12) Хлебодаровский, 13) Шарипово-Тукмакский, 14) Мелеузовский, 15) Сарышево-Ильмекеевский. **III. Восточная окраина Русской платформы.** 13 — условные изогипсы кровли артинских (на севере) и кунгурских (на юге) образований; 14 — соляные антиклинали; 15 — линии профилей, изображенных на рис. 2. **Цифры на рисунке в желтых квадратах** — типовые разрезы кунгурской формации: 1 — по р. Селеук (д. Ишеево), западный борт прогиба; 2 — по р. Зилим (д. Акташево), восточный борт прогиба.

**Fig. 1. Kungurian evaporite formation in the Preuralian foredeep (highlighted in bluish color) of the Ishimbay Preurals. Geological basis — on the map of A.A. Bogdanov [1947]**

*Symbols* [Bogdanov, 1947]: **I. Western outskirts of the Ural folded zone.** 1 — Proterozoic formations in the vaulted parts of the anticlines; 2 — Devonian, Carboniferous, Sakmarian and Artinskinian formations of the Eastern wing of the Preuralian foredeep; 3 — anticline folds; 4 — domed elevations; 5 — thrusts and normal faults. **II. Pre-Ural depression.** 6 — reef massifs of sakmarsky and artinsky age; 7 — unilateral horsts; 8 — horst-formed folds; 9 — flexures of the East Board of depression; 10 — flexures of the West Board of depression; 11 — gypsum kernels of linear and ring and diapir folds; 12 — synclinal blocks made of red-colored formation: 1) Kuyusyrtsky, 2) Akhmerovsky, 3) Smakaevskay, 4) Baikowski, 5) Salikhovskaya, 6) Novo-Satanovsky, 7) Allakaevsky, 8) Krasnogorsk-Nurdavletovsky, 9) Blagoveschensky, 10) Sloboda-Budeninsky, 11) Verhotorsky, 12) Khlebodarovsky, 13) Sharipovo-Tokmaksky, 14) Meleuzovskiy, 15) Sarychevo-Ilmekeyevsky. **III. Eastern outskirts of the Russian platform.** 13 — conditional isogypses of the roof of the Artinskinian (in the North) and Kungurian (in the South) formations; 14 — salt anticlines; 15 — lines of the profiles shown in fig. 2. **Figures in yellow squares** — typical sections of the Kungurian formation: 1 — on the Seleuk river (Isheevo), the Western side of the foredeep; 2 — on the Zilim river (Aktashevo), the Eastern side of the foredeep.

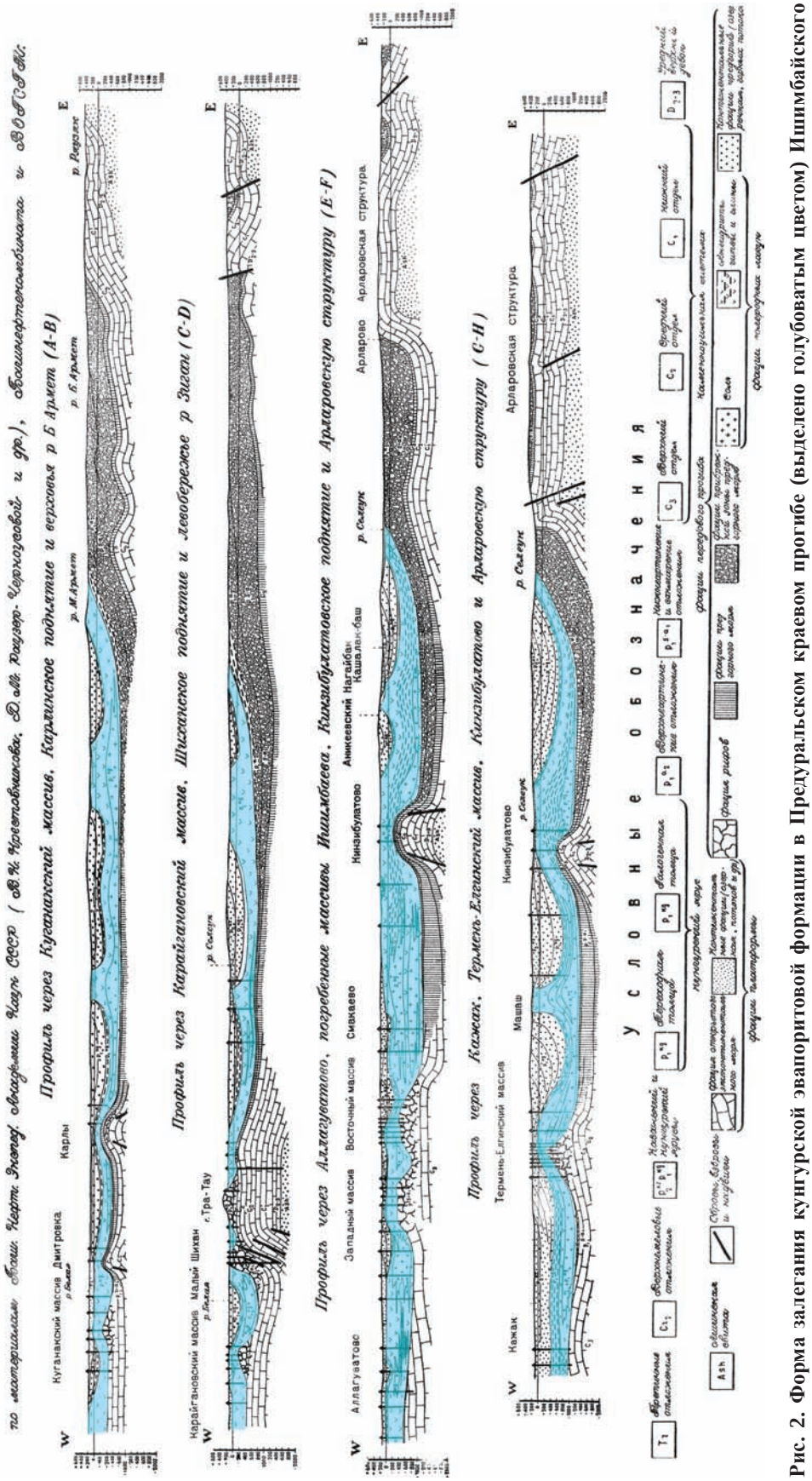


**Рис. 2. Форма залегания кунгурской эвапоритовой формации в Предуральском краевом прогибе (выделено голубоватым цветом) Ишимбайского Приуралья**

Геологические профили составлены А.А. Богдановым [1947], положение профилей — см. рис. 1.

**Fig. 2. The form of occurrence of Kungur evaporite formation in the Preuralian foredeep (highlighted in bluish color) of the Ishimbay Preurals**

Geological profiles are made by A.A. Bogdanov [1947], position of profiles — see fig. 1.

**Рис. 3. Выходы галогенной толщи кунгурского яруса в долине р. Селеук (а, б) и ее геологический разрез от г. Шахтау до д. Ишеево (в), составленный А.И. Левенко [Страхов, 1947]**

*Условные обозначения:* 1 — уфимские отложения; 2–10 — кунгурские отложения: 2 — массивные сахаровидные гипсы, 3 — толстослоистые сахаровидные гипсы, 4 — красные песчаники, мергели и глины, 5 — тонко и неправильно наслоенные гипсы, 6 — прослой песчаников, 7 — тонко и правильно наслоенные гипсы, 8 — прослой серых песчаников и глин, 9 — грубослоистые полосатые гипсы, 10 — прослой мергелей и доломитов; 11–12 — артинские отложения: 11 — доломиты и фосфатизированные мергели, 12 — известняки.

**Fig. 3. The outcrops of the halogen strata of the Kungurian stage in the valley of the Seleuk river (a, б) and its geological section from Shakhtau Mountain to Isheevo village (в), compiled by A.I. Levenko [Strakhov, 1947]**

*Legend:* 1 — Ufimian sediments; 2–10 — Kungurian sediments: 2 — massive sugar-like gypsum, 3 — thick-layered sugar-like gypsum, 4 — red sandstones, marls and clays, 5 — thin and irregular-layered gypsum, 6 — inlier of sandstones, 7 — thin and regularly layered gypsum, 8 — inlier of gray sandstones and clays, 9 — thick-layered striped gypsum, 10 — inlier of marls and dolomites; 11–12 — Artinskian deposits: 11 — dolomites and phosphatized marls; 12 — limestone.

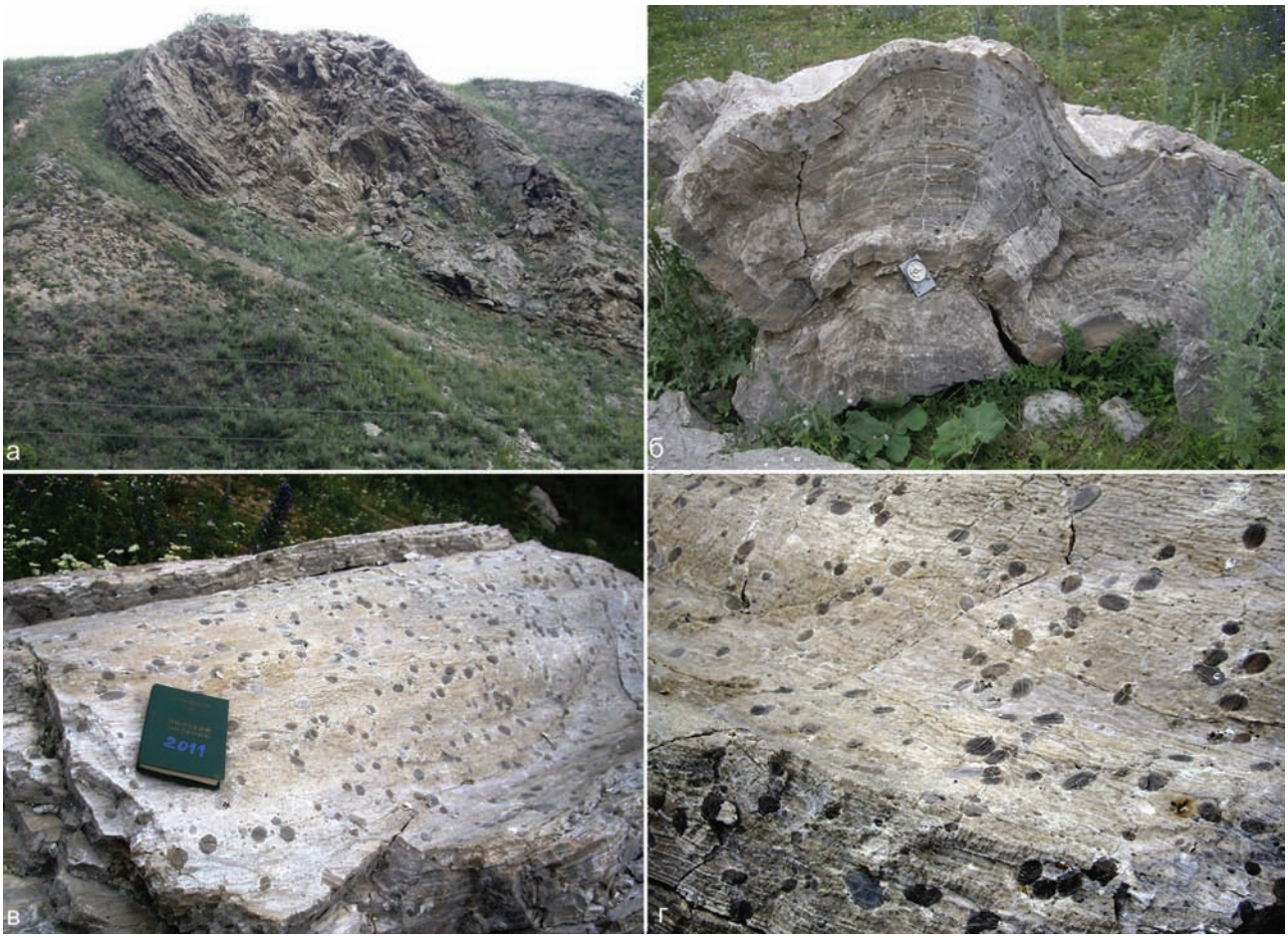


**Рис. 4. Выходы и особенности деформации гипсов кунгурского яруса в долине р. Селеук у д. Ишеево**

а — складки в гипсовой толще; б — препарированный замок складки; в–г — округлые включения новообразованных монокристаллов гипса в тонкослоистой гипсовой толще.

**Fig. 4. Outcrops and specific features of deformation of gypsum Kungurian layer of the Seleuk river valley at the Isheevo village**

a — folds in gypsum layer; б — uncovered fold hinge; в–г — rounded inclusions of newly formed gypsum single crystals in thin-layer gypsum.

Следы перераспределения вещества можно наблюдать в большом разнообразии минеральных форм сульфатов, среди которых наиболее интересны минералы, формировавшиеся при тектонических деформациях. Характерны прожилки гипсов-селенитов, залечивающие трещины, возникавшие при межслоевом скольжении. Развиты и другие формы вторичных гипсов — яйцевидные крупнокристаллические гипсово-ангидритовые желваки размером от 0.3 до 3.0 м. Они названы Н.М. Страховым «очковыми гипсами». Желваки и нодули присутствуют в тонкослоистых гипсах, при этом слоистость проходит через них без изменений. Генезис их оставался во многом неясным [Страхов, 1947]. В настоящее время показано, что такие структуры — «нодули» формируются при тектонических межслоевых скольжениях [Горожанин, 2016]. Их формирование сопровождается образованием другой необычной формы гипсовых прослоев — плойчатых складок энтеролитового типа. О происхождении структур этого типа см. ниже.

Еще одной разновидностью гипса, генезис которой также неясен, являются монокристаллы гипса со сглаженными очертаниями, слагающие округлые включения размером 2–4 см в тонкослоистых гипсах. Обычно они располагаются на поверхности напластования слоистых гипсов (см. рис. 4в, г), слагающих ядра мелких складок, что, вероятно, указывает на их синтектонический рост.

Обнажение гипсов по р. Селеук — одно из немногих на территории Ишимбайского района, где эвапоритовая толща, несмотря на складки и деформации, залегает в целом субгоризонтально, с небольшим уклоном к востоку, где перекрывается отложениями уфимского яруса. Этот наклон, хорошо заметный в детальной зарисовке разреза (см. рис. 3в), свидетельствует о налегании сульфатной толщи на сакмаро-артинские карбонатные отложения г. Шахтау, а не примыкании ее к выступающим над поверхностью эвапоритового бассейна палеорифовым массивам, как считают некоторые исследователи. Соответственно, столь хорошо выраженная тектоническая нарушенность первично слоистой сульфатной толщи — есть результат того, что она испытала перераспределение вещества в результате соляного диапиризма, явления, которое в этом районе впервые было выявлено несколько южнее, на широте г. Ишимбай.

К востоку, и особенно к югу, гипсы подвержены диапиризму, их контакты с уфимской толщей тектонические.

### *Разрез «Смакаево»*

В годы интенсивного геологического изучения Ишимбайского района нефтедобычи, где под кунгурскими солями были открыты карбонатные массивы с нефтяными залежами, впервые также было установлено явление диапиризма галогенной толщи. Было установлено, что поднятие северо-западного простирания, протягивающееся от пос. Смакаево на севере до г. Машаш на юге, представляет собой узкую антиклинальную складку, крылья которой сложены падающими круто, иногда почти вертикально, породами уфимского яруса, а в сводовой части находятся три изолированных блока гипсов кунгурского яруса [Богданов 1947; Страхов, 1947]. Один из них, слагающий гору Алебастровую, можно видеть в пос. Смакаево на восточной окраине г. Ишимбай на правом берегу р. Тейрук. Здесь контакты гипсов диапировых структур с перекрывающими отложениями, которые обычно бывают задернованными из-за повышенной растворимости гипсов, вскрыты карьером (координаты 53°26'44" N, 56°05'06" E). При изучении Смакаевского карьера Н.М. Страховым описана форма перемещения вещества, которая возникла при пластических деформациях. Эта выработка представляет собой сечение кунгурского ангидритового блока, внедренного в уфимскую толщу, что позволяет наблюдать внутреннюю структуру блока и расшифровать механику вторжения сульфатных масс. На рис. 5 представлен разрез карьера, составленный Н.М. Страховым в 1942 г. В мощной серии кунгурских пород им описаны пакеты, разделенные ясно выраженными зонами брекчирования и смещения каждого пакета относительно соседнего:

1. Рыхлый зеленовато-серый песчаник с галькой кремней (уфимские отложения);
2. Верхний сланцевый пакет с брекчией в подошве слоя;
3. Средний сланцевый пакет с тектоническими контактами и будинами со структурой течения;
4. Нижний сланцевый пакет;
5. Гипсовый пакет: линзовидный блок гипса, в сердцевине содержащий ангидрит;

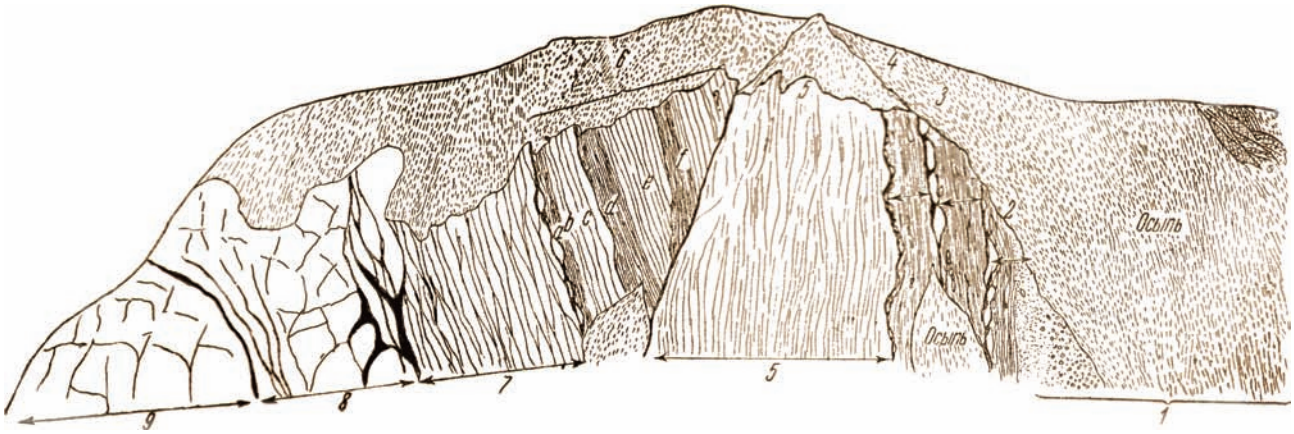


**Рис. 5. Разрез кунгура в Смакаевском карьере [Страхов, 1947]**

Цифры на разрезе соответствуют номерам пактов слоев в тексте.

**Fig. 5. Section of the Kungurian in Smakaevo quarry [Strakhov, 1947]**

The numbers on the section correspond to the layer package numbers in the text.

6. Гипсово-терригенный пакет: песчаники, отделенные поверхностями скольжения от овально-вытянутых будин розоватых гипсов;

7. Гипсовый пакет: сложен неслоистыми серыми гипсами со структурой овально-уплощенных линз (псевдослоистости), отделен от ангидритов зоной дробления;

8. Второй ангидритовый пакет: голубовато-белые ангидриты с включениями овально-округлых кристаллов гипса, отделен от ангидритов слоя 9 зоной дробления с гипсом;

9. Ангидритовый пакет: голубовато-белые ангидриты с включениями овально-округлых кристаллов гипса, разбит ветвящимися трещинами, по которым идет гипсование.

Таким образом, в борту Смакаевского карьера устанавливается тектоническое линзование ангидритов и последующее смещение линз, свойственное краевой части диапирового поднятия.

Гора Машаш, располагающаяся в этой же полосе поднятий, представляет собой аналогичное диапировое поднятие гипсов, только более глубоко срезанное эрозией (рис. 6).

Таким образом, благодаря изучению галогенной толщи кунгура в Ишимбайском Приуралье, установлено, что существуют два возможных пути перетекания солей и сульфатов при пластических деформациях. Тонкослоистые пачки пород смещались посредством микроскладчатости и гофрировки ангидритов, более массивные толщи — путем раздробления на линзовидные блоки и крупные пакеты, смещавшиеся друг относительно друга. При смещении пластов ангидритов в них формировались разнообразные многочисленные новообразования гипса: крупнокристаллический гипс, гипс-селенит и т.д.

### *Разрез «Акташево»*

Разрез кунгурских отложений, образующих скальные выходы до 70 м высотой, находится в Гафурийском районе Республики Башкортостан на р. Зилим в 0.3 км выше д. Акташево. Скальные выходы образуют отвесный обрыв, протягивающийся более чем на 500 м (рис. 7).

Уникальность этого разреза определяется значительным размером обнажения, сохранностью первичных осадочных текстур в породах, с одной стороны, и наличием признаков эпигенетических преобразований — с другой, присутствием тектонических взаимоотношений в виде горизонтальной зоны срыва по пластичной гипсово-глинистой толще со структурами заворота слоев. На примере этого разреза можно решать вопросы о геодинамической обстановке и фациальных условиях накопления эвапоритов, а также особенностях и причинах постседиментационных процессов.

В структурном плане разрез расположен между Архлатышской и Саитбабинской антиклинальными складками, приуроченными к взбросо-надвигу прибортовой зоны прогиба. По простиранию на юг, в 1.5 км выше по течению, в обнажении по правому берегу р. Зилим наблюдается сближенный контакт деформированных гипсов и флишевых пород артинского яруса (рис. 8), что свидетельствует о наличии тектонического нарушения на контакте.

*Строение разреза.* Данный разрез состоит из двух основных толщ — нижней слоистой терригенно-гипсовой (видимая мощность 30–50 м), и верхней — массивной гипсовой (50–60 м), которые разделены между собой зоной ангидрит-гипсово-глинистых пород со следами субгоризонтального течения (рис. 9). Промежуточная толща не выдержана по мощности, и местами полностью выклинивается, создавая видимость двучленного строения разреза. Она сложена мегабрекчией (рис. 10), состоящей из блоков и деформированных прослоев гипсовых пород, закрученных в рулеты в черном глинистом матриксе, который содержит включения гигантокристаллического гипса («марьино стекло»).

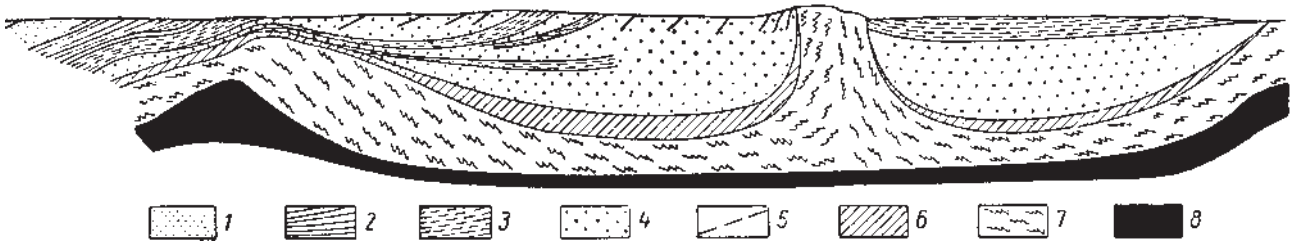


**Рис. 6. Разрез через гипсово-диапировую структуру г. Машаш в ишимбайском Приуралье [Богданов, 1947]**

*Условные обозначения:* 1–5 — пермская красноцветная толща; 6 — переходная толща; 7 — кунгурская галогенная толща; 8 — сакмаро-артинские отложения.

**Fig. 6. A section through the gypsum-diapir structure Mashash Mount in the Iishimbay PreUrals [Bogdanov, 1947]**

*Legend:* 1–5 — Permian red-colored strata; 6 — transitional strata; 7 — Kungurian halogen strata; 8 — Sakmarian-Artinskinian deposits.

**Рис. 7. Общий вид разреза «Акташево» — крупного обнажения терригенно-сульфатных отложений кунгурского яруса по правому берегу р. Зилим у д. Акташево**

**Fig. 7. General view of the "Aktashevo" section — a large outcrop of terrigenous sulfate deposits of the Kungurian Stage on the right bank of the river Zilim near the village of Aktashevo**

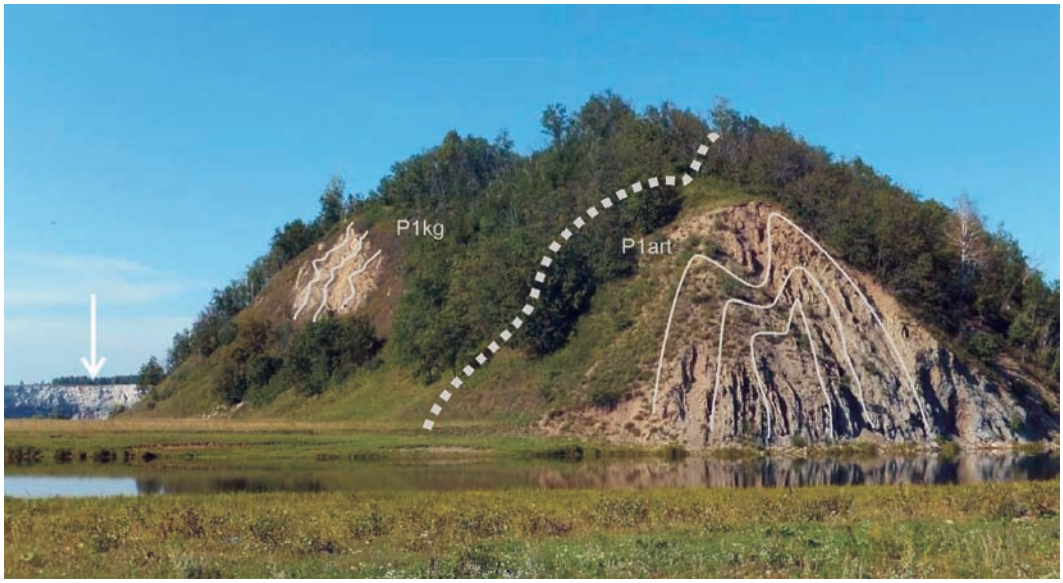


**Рис. 8. Сближенные выходы отложений артинского и кунгурского ярусов на правом берегу р. Зилим в 1 км к югу от разреза «Акташево», положение которого отмечено стрелкой**

Тонкие сплошные линии — слоистость; штриховая линия — предполагаемый стратиграфический контакт.

**Fig. 8. Close-spaced outcrops of deposits of the Artinskian and Kungurian Stages on the right bank of the Zilim river 1 km South of the "Aktashevo" section, the position of which is marked by an arrow**

Thin solid lines — bedding; dashed line — assumed stratigraphic contact.

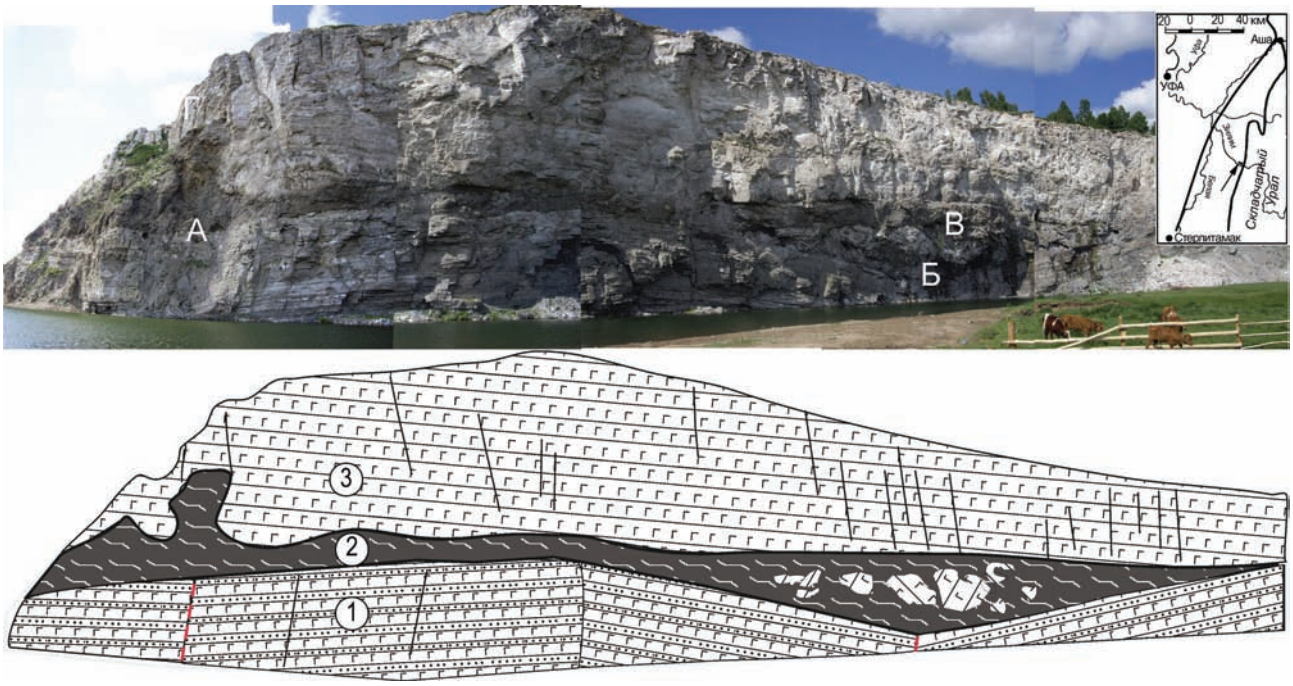


**Рис. 9. Трехчленное строение терригенно-сульфатной толщи кунгурского яруса в разрезе «Акташево» (рисунок по фотографии)**

Толщи: 1 — терригенно-сульфатная, 2 — мегабрекчий (промежуточная), 3 — массивно-слоистая сульфатная. Участки с буквами А–Г соответствуют фотографиям на рис. 10.

**Fig. 9. The three-membered structure of the terrigenous-sulfate section of the Kungurian in the “Aktashevo” section (picture from the photo)**

Members of the section: 1 — terrigenous sulfate, 2 — megabreccia (intermediate), 3 — massively layered sulfate. The areas with the letters А–Г correspond to the photos in Fig. 10.

В верхней части линзы с мегабрекчией наблюдаются небольшие складки волочения с западной вергентностью (рис. 10в). Они свидетельствуют о давлении с востока при ее образовании. Мощность слоя мегабрекчии непостоянна — от первых сантиметров до 10–12 м. Раздув мощности имеет вид треугольника, обращенного углом вниз (рис. 10б). Можно предположить, что первично эта толща содержала галит, впоследствии растворенный. Однако она сохранила пластичность, т.к. именно по ней наблюдается скольжение толщ относительно друг друга и выжимание этой пластичной массы в диапироподобные структуры [Горожанин, Горожанина, 2011б].

Верхняя гипсовая толща перекрывается темно-серыми микрозернистыми доломитами (вскрыто не более 20 м), которые бронируют весь гипсовый разрез от разрушения. В доломитах проявлены вторичные поверхностные явления в виде карстовых воронок.

*Основные литологические разновидности пород.* В основании нижней толщи, расположенной над урезом воды, обнажены слоистые осадки, представленные горизонтально-слоистыми и косослоистыми сероцветными терригенно-сульфатными породами, состоящими из тонкого чередования песчано-алевролитовых, тонкозернистых карбонатных и гипсовых слойков. Алевролиты полимиктового состава наряду с зернами кварца и кварцитов содержат бурые обломки глинисто-кремнистых осадочных и хлоритизированных магматических пород, сцементированных микрозернистым гипсом. Состав обломков в алевролитах указывает на поступление кластики в эвапоритовую область из зоны складчатого Урала. В осадках наряду с косослоистыми текстурами отмечаются промоины, заполненные гипсовыми галечками, локально развита градационная сортировка материала. Видимая мощность тонко-горизонтальнослоистых отложений в основании разреза около 5 м. Выше в отложениях преобладают гипсовые и ангидритовые пропластки толщиной 5–10 см с белыми ангидритовыми нодулями размером до 30 см. Мощность терригенно-гипсовой пачки около 20 м.

**Рис. 10. Детали строения осадочных толщ в разрезе «Акташево»**

а — диапировая структура гипсово-глиняной брекчии (темно-серое) среди гипсов верхней толщи; б — «воронкообразная» линза тектонического скучивания над разрывным нарушением, выполненная гипсово-глинистой брекчией с крупными глыбами светлых гипсов; в — структуры закручивания сульфатных литокластов в составе мегабрекчии, на врезке — структуры будинажа типа «book shelves» с западной вергентностью; г — трещины кливажа, минерализованные гигантокристаллическим гипсом.

**Fig. 10. Details of the structure of sedimentary strata in the “Aktashevo” section**

a — diapir structure of gypsum-clay breccia (dark gray) among the gypsum of the upper member; б — “funnel-shaped” lens of tectonic crowding over the break-up structure, made of gypsum-clay breccia with large blocks of light-coloured gypsum; в — structures of twisting of sulphate lithoclasts in megabreccia composition, on the inset — boudinage structures of “book shelves” type with Western vergence; г —cleavage cracks mineralized by gigantocrystalline gypsum.

*Верхняя толща* сложена белым микрозернистым гипсом массивного облика с реликтовой слоистостью. На массивном фоне заметна слабо выраженная брекчиевидность, обусловленная мелкими разнонаправленными трещинками, выполненными серой глиной. Мощность гипсовой толщи — свыше 50 м. Она перекрывается толщей черных микрозернистых доломитов, в которых при микроскопическом изучении обнаружены реликты кристаллов диагенетического гипса.

*Промежуточная толща*, представленная мегабрекчией гипсовых пород в черном глинистом матриксе, описана выше. Следует отметить, что по составу жильный материал, выполняющий трещины кливажа толщиной 10–20 см, хорошо заметные в верхней гипсовой толще, полностью аналогичен описанному в промежуточной толще с глинистым матриксом и гигантокристаллическим гипсом; отсутствуют только крупные обломки пород.

### *Седиментологические признаки в отложениях разреза «Акташево»*

В разрезе «Акташево», особенно в нижней, сульфатно-терригенной толще, очень хорошо выражена слоистость, изучение которой может помочь в реконструкции условий осадочного бассейна. Установлены следующие типы слоистости (рис. 11–18):

— горизонтальная;
— косая и восходящая рябь волнений;
— градационная;
— следы размыва.

Выделены также признаки турбидитовых ритмов (рис. 18–19) и штормовые отложения, диагностируемые по наличию темпеститов и слоистости типа хаммоки (рис. 20–23).

**Рис. 11. Горизонтальная и волнистая слоистость в гипсах терригенно-сульфатной толщи**
**Fig. 11. Horizontal and wavy-layered bedding in gypsum of terrigenous-sulphate deposits**

**Рис. 12. Косая слоистость в отложениях терригенно-сульфатной толщи**
**Fig. 12. Cross bedding in the sediments of the terrigenous-sulphate deposits**

**Рис. 13. Слоистость восходящих знаков ряби (?) в отложениях терригенно-сульфатной толщи**
**Fig. 13. The climbed-up ripples mark (?) bedding in the sediments of the terrigenous-sulphate deposits**

**Рис. 14. Градационная слоистость в отложениях терригенно-сульфатной толщи**
**Fig. 14. Graded bedding in the sediments of the terrigenous-sulphate deposits**

**Рис. 15. Структуры размыва (белая штриховая линия) в гипсах, заполненные обломочным гипсом; терригенно-сульфатной толща**

**Fig. 15. Erosion structures (white dashed line) in gypsum filled with clastic gypsum; terrigenous-sulphate deposits**

**Рис. 16. Подошвенные знаки размыва (flute casts) в основании ритма в отложениях терригенно-сульфатной толщи**

**Fig. 16. Sole washout marks (flute casts) at the base of the rhythm in the sediments of the terrigenous-sulphate type**

**Рис. 17. Прослой гравелито-песчаника со структурой размыва в тонкослоистых гипсах**
**Fig. 17. Layer of gravelite-sandstone with erosion structure in thin-layered gypsum**

**Рис. 18. Цикл осадконакопления (турбидитный ритм Боума, выделен белой стрелкой) в отложениях терригенно-сульфатной толщи; ритм начинается размывом нижележащего осадка градационно-слоистым сульфатно-терригенным песчаником и заканчивается алевропесчаником с конволютной слоистостью**

**Fig. 18. The cycle of sedimentation (turbidite rhythm of Bouma, highlighted by a white arrow) in the deposits of terrigenous-sulfate strata; the rhythm begins with the erosion of the underlying sediment by graded-layered sulfate-terrigenous sandstone and ends with siltstone with convolute bedding**

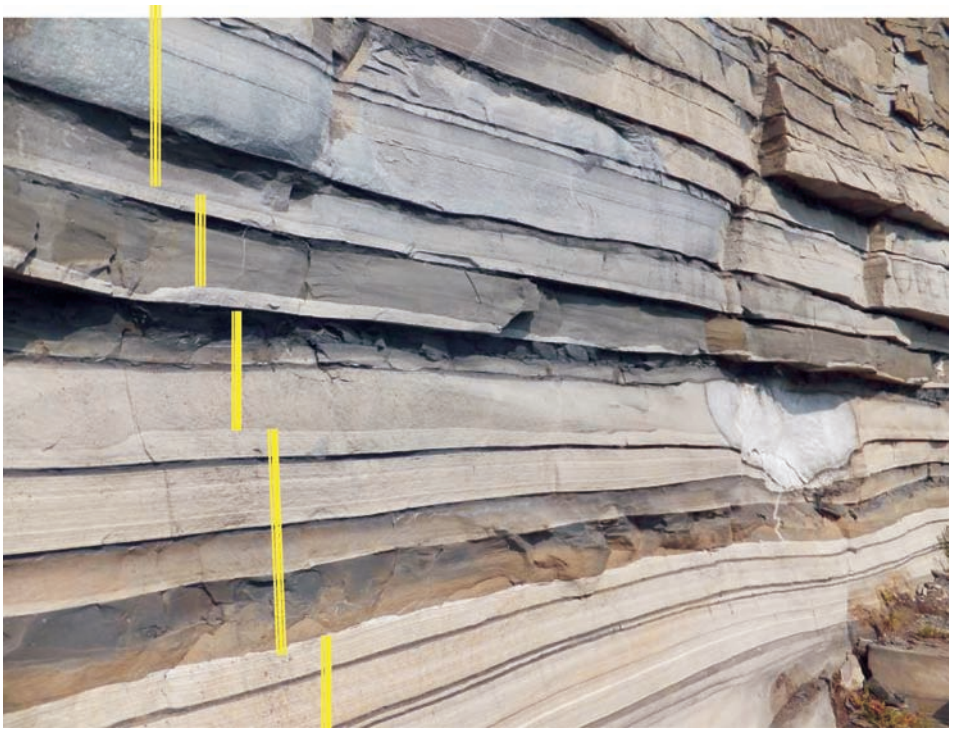

**Рис. 19. Осадочные ритмы в терригенно-сульфатной толще**
**Fig. 19. Sedimentary rhythms in the terrigenous-sulphate deposits**

**Рис. 20. 5-сантиметровый штормовой прослой (темпестит) обломочного неслоистого несортированного гипса (серое, отмечен стрелкой) в тонко-горизонтально-слоистой толще**

**Fig. 20. 5 cm storm interlayer (tempestite) clastic coarse unsorted gypsum (grey, marked with arrow) in thin horizontally layered thickness**

**Рис. 21. Прослой косослоистого слабо сортированного темпестита среди горизонтально-слоистых гипсов**
**Fig. 21. Interlayer of obliquely layered loosely sorted tempestite among horizontally layered gypsum**

**Рис. 22. Крупноволнистая слоистость типа «hummocky» в терригенно-гипсовой толще, свидетельствующая о влиянии штормовой гидродинамики на относительно глубоководные осадки**

**Fig. 22. Large-wave stratification of the «hummocky» type in the terrigenous-gypsum thickness, indicating the influence of storm hydrodynamics on relatively deep-water precipitation**

**Рис. 23. Слоистость типа HCS (hummocky cross stratification) в гипсе**
**Fig. 23. HCS (hummocky cross stratification) bedding in gypsum**

Наиболее распространенной является горизонтальная слоистость, свидетельствующая о достаточно спокойной обстановке седиментации. Горизонтальные глинисто-сульфатные слойки часто несут следы оползания, изгиба и т.д., что говорит о том, что характер донной поверхности не был идеально ровным. Кроме того, присутствуют слои с косой слоистостью и массивные слои с несортированным неслоистым материалом, которые вероятно имеют штормовое происхождение. Отмечены слойки, сложенные галечками гипса гравийной размерности (несортированные и не градационные, предположительно штормовой природы), выполняющие эрозионные неровности в тонко-горизонтальнослоистых гипсовых отложениях. Наличие разнообразных текстур — волновой ряби, косой и мульдообразной слоистости конволютной — свидетельствует о достаточно активной волновой гидродинамике. Отмеченные признаки характерны для самой нижней части разреза.

*Условия осадконакопления*. В основании разреза хорошо проявлена цикличность. В нижней толще она выражена ритмами (пакетами) сульфатно-терригенных пород мощностью от 10 до 50 см с нечеткой градационной слоистостью. Иногда такие правильные ритмы нарушаются прослоями с массивной структурой несортированного разнозернистого сульфатно-терригенного материала и эрозионным срезанием предыдущего горизонтальнослоистого ритма, что свидетельствует о достаточно активной гидродинамике (штормовые прослои). Выше условия седиментации были более спокойные, только изредка отмечаются признаки крупноволнистой текстуры (слоистость типа хаммоки), которая показывает гидродинамическое влияние штормов на спокойную седиментацию в относительно глубоководных (50–100 м) условиях.

Говоря о глубинности бассейна, следует отметить следующие факты:

1 — залегание на артинских песчано-глинистых отложениях флишоидного типа;

2 — присутствие в нижней терригенно-сульфатной толще признаков турбидитной расслоенности (хотя и неявно выраженные и часто с редуцированными членами ритмов);

3 — наличие слоистости типа хаммоки и темпеститов.

Таким образом, условия осадконакопления достаточно быстро эволюционировали. Отложения в целом представлены осадками засолоненной лагуны, занимавшей в кунгурское время Предуральский прогиб, при этом восточная прибортовая зона

прогиба, вероятно, была более глубоководной. Первоначально бассейн был довольно глубоким (100–200 м), по-видимому, переходным от флишевого. В нем шло терригенное осадконакопление с неявно выраженным влиянием дистальных турбидных потоков. Накопление сульфатов, иногда обломочных, наблюдаемых в нижней толще, показывает, что происходит быстрое обмеление глубоководного бассейна, тонкие сульфатно-терригенные осадки верхней части терригенной толщи формировались в обстановке прибрежной зоны лагунной впадины.

Последовательность накопления осадков следующая: песчаники (алевролиты) – гипс – соль с глиной – гипс – доломит. Появление доломитовых осадков в верхней части разреза может указывать на поступление (прорыв) морских вод в замкнутую соленосную лагуну.

### *Вторичные (эпигенетические) признаки в отложениях разреза «Акташево»*

В терригенно-эвапоритовом разрезе «Акташево» наряду с первичными седиментационными литологическими признаками хорошо проявлены процессы эпигенетической мобилизации вещества, имевшие место в результате тектонических подвижек. К ним относятся:

1) описанные выше структуры течения и выжимания (диапиры и воронкообразные депрессии с мегабрекчиями заполнения (см. рис. 10а, б) и складками волочения);

2) структуры межслоевого скольжения с формированием нодулей и энтеролитовой складчатости;

3) трещины кливажа, минерализованные гигантокристаллическим гипсом (см. рис. 10г).

*Структуры течения*. Промежуточная толща, представленная в настоящее время фрагментарно, первоначально, вероятно, была представлена нормальной толщей глин и, предположительно, галитов. При тектонических деформациях по этому слою произошел срыв двух относительно жестких толщ — нижней песчано-гипсовой и верхней гипсовой; глинистая пачка, возможно, послужила «смазкой». Деформированные рулеты сульфатных пород в глине свидетельствуют о пластичном выдавливании материала в области с меньшим литостатическим давлением. Вероятно, ими были участки, где в результате тектонических деформаций произошло образование разрывов сплошности и, как следствие, падение давления. Крупные кристаллы гипса в смеси с темно-серой глиной образуют гипсово-глиняную брекчию. Она слагает промежуточную толщу и выполняет диапировые образования в верхней и нижней толщах. Трещины шириной 10–30 см, секущие верхнюю толщу, выполнены гигантокристаллическим гипсом («марьино стекло») и ориентированы в двух направлениях (см. рис. 10г). По одной из трещин в западной части разреза наблюдается диапировидное внедрение черной глинистой массы с кристаллами гипса. Оно вытянуто субвертикально, имеет бесформенные очертания и частично прорывает верхнюю гипсовую толщу. По-видимому, это образование можно рассматривать в качестве зарождающегося сульфатно-глиняного диапира, и связано оно с нагнетанием глинисто-сульфатной массы. Подвижность этой массы могла быть обусловлена растворением первичного галита. В восточной части разреза наблюдается нагнетание и «выдавливание» глинисто-гипсовой массы вниз и заполнение пространства над тектоническим нарушением, проявленном в нижней сульфатно-терригенной толще в виде субвертикальной зоны, вдоль которой слои наклонены навстречу друг другу (по типу сброса). Эти взаимоотношения указывают на одновременность процессов пластического течения (см. рис. 10в) и тектонического «взламывания».

*Эпигенетические нодули (конкреции)*. В нижней сульфатно-терригенной толще широко развиты нодули перекристаллизованного гипса и внутрислоевые энтеролитовые складки в гипсовых прослоях. Признаки внутрислойного пластичного течения вещества в нижней сульфатно-терригенной толще выражены в образовании довольно крупных, до 0.5–0.7 м, ангидритовых «нодулей» — овально-сферических «конкреций», ярко выделяющихся белым цветом на темно-сером фоне основной массы пород (рис. 24а–г). Они сложены сульфатом кальция, чаще всего ангидритом; в результате перекристаллизации произошло очищение от черного пигмента органического вещества. В окружающих породах вокруг таких нодулей наблюдается характерная внутрислойная плойчатость, известная также как «энтеролитовая складчатость» (см. рис. 24е–ж). Амплитуда, а также частота (или периодичность) энтеролитовых складок вблизи самих нодулей весьма интенсивны, на удалении от них они постепенно затухают. Вокруг небольших (0.2–0.3 м) нодулей энтеролитовая складчатость прослеживается на расстоянии 2–3 м, вокруг более крупных (0.5–0.7 м) — прослеживается на расстоянии до 15 м. В расположении вторичных нодулей и связанных с ними внутрислойных энтеролитовых складок

**Рис. 24. Эпигенетические (вторичные) новообразования в терригенно-гипсовой толще в разрезе «Акташево»**

а–г — нодули перекристаллизованного ангидрита в нижней гипсово-терригенной толще; д — ангидритовый нодуль и энтеролитовые складки в терригенно-сульфатной толще на юге Предуральского прогиба, Оренбургская область, скв. Акобинская 172, гл. 5077 м; е–ж — внутрислоевые энтеролитовые складки в гипсах в обрамлении вторичных нодулей.

**Fig. 24. Epigenetic (secondary) neoformations in the terrigenous-gypsum thickness in the “Aktashevo” section**

а–г — nodules of recrystallized anhydrite in the lower gypsum-terrigenous deposits; д — anhydrite nodule and enterolite folds in the terrigenous-sulfate deposits in the South of the Preuralian foredeep, Orenburg region, Borehole Akobinskaya 172, deepness 5077 m; е–ж — intra-layer enterolith folds in gypsum framed by secondary nodules.

наблюдается определенная закономерность. Все они приурочены к участку с наклонным залеганием пород, приобретенным вблизи (вследствие) тектонического нарушения. Тектонические подвижки, вероятно, инициировали внутрислойное перераспределение сульфатного вещества, которое переносилось внутри слоя к месту образования вторичного нодуля. Формирование нодулей связано с тектоническим воздействием, обычно оно сопровождается формированием внутрислойной энтеролитовой складчатости, но иногда можно видеть только межслоевое скольжение, подчеркиваемое трещинами отрыва.

*Энтеролитовая (змееподобная или кишечная) текстура* в гипсах и ангидритах с давних пор привлекает внимание исследователей из-за необычности и достаточной редкости нахождения в приповерхностных условиях. В разрезах эвапоритовых отложений среди гипс-ангидритовых слоев с тонкослоистым ламинарным напластованием, наблюдаются плойчатые или гофрированные слои, смятые в микроскладки. Их принимали за знаки ряби, складки оползания, структуры разбухания при переходе из ангидрита в гипс и т.п. Подробный обзор представлений о генезисе ангидритов «со змееподобной» текстурой можно найти в работе Ю.Ф. Левицкого [1961]. Общепринятым считается, что энтеролитовая складчатость гипса возникла при его образовании результате гидратации ангидрита и увеличения объема. Это объяснение вошло в учебники [Фролов, 1993] со ссылкой на Ф.Дж. Петтиджона [1981], хотя ранее Ю.Ф. Левицким [1961] была показана несостоятельность этого объяснения из-за несоответствия объемных соотношений между гипсом и ангидритом и линейных размеров петель или складок, кроме того, данные структуры более характерны не для гипса, а для ангидрита, поскольку ангидрит, благодаря своей высокой пластичности, легче поддается деформациям, чем гипс. По мнению Ю.Ф. Левицкого, змееподобная текстура является раннедиагенетической, она возникает при дегидратации и перекристаллизации гипсоносного осадка, образовании трещин усыхания и разрыва, по которым происходят частичное растворение и деформация ангидритового слоя при неспокойных условиях осаждения типа волновой ряби. По нашему мнению, это трактовка также некорректна, поскольку не дает объяснения причины избирательности деформаций гипсовых слоев и особенностей строения микроскладок. Мы предлагаем иное объяснение энтеролитовой складчатости в гипсах и ангидритах, основанное на анализе предыдущих материалов, данных бурения и новых наблюдениях в разрезах. Следует отметить, что чаще всего энтеролитовые структуры описывают в керне скважин из толщи ангидритов, подстилающих кунгурские соленосные отложения. Нами такие структуры наблюдались при описании керна нефтепоисковых скважин, пробуренных в последние годы ООО «Газпром добыча Оренбург» на юге Предуральского прогиба — в основании соляно-купольных структур на глубинах 4–5 км (рис. 24д). Это показывает однотипность процессов в сульфатных толщах, залегающих как на поверхности, так и на глубине, и свидетельствует о том, что выведенные в настоящее время на поверхность эвапориты, вероятно, также были глубоко погружены и испытали диапиризм.

Итак, наиболее характерными чертами энтеролитов, которые представляют собой плойчатые или гофрированные слои, смятые в микроскладки среди гипс-ангидритовых слоев с тонкослоистым ламинарным напластованием, являются:

1) присутствие вокруг нодулей-конкреций;

2) интенсивная амплитуда и частота энтеролитовых складок вблизи нодулей и затухание на удалении от них;

3) приуроченность к участку с наклонным залеганием пород, приобретенным вследствие близости к тектоническому нарушению.

Генезис нодулей и генетически связанных с ними энтеролитов связан с тектоническим воздействием, вызвавшим внутрислойное течение — перераспределение сульфатного вещества, которое переносилось внутри слоя к месту образования вторичного нодуля.

В целом описанные выше эпигенетические образования — рост конкреций-нодулей, межслоевая гофрировка и перетекание материала свидетельствуют о влиянии на осадочную толщу тектонического фактора; наличие их определяется близостью к зоне разлома. Время тектонической активности неопределенно. Обычно активизацию тектонических движений связывают с позднепалеозойской коллизией, в то же время нельзя исключить и связь с неотектонической активизацией востока Русской плиты и Уральского орогена.

### *Поверхностные явления*

К ним следует отнести карстовые явления (воронки, карстовый водопад) и камнепад на отвесных стенках речной излучины.

В разрезе «Акташево» развит карст двух типов: сульфатный и карбонатный. К карстопроявлению

сульфатного типа относятся практически полная гидратация сульфатных минералов (весь ангидрит, за исключением вторичных нодулей, замещен гипсом) и формирование карстовых полостей в сульфатной и терригенно-сульфатной толщах.

На выровненной пенепленизированной поверхности доломитов, бронирующих сульфатную толщу, проявлен карст карбонатного типа. Он выражен карстовыми воронками, часть из которых вероятно не «залечены» поверхностными суглинками, т.к. вода через них проникает почти до уровня р. Зилим, выливаясь из расщелин крутой стенки обнажения в виде небольшого живописного водопада (рис. 25).

К поверхностным явлениям следует отнести также камнепады и осыпание практически вертикальных стенок разреза, что может свидетельствовать о продолжающемся неотектоническом росте этого блока земной коры.

Таким образом, разрез «Акташево» представляет собой один из лучших разрезов кунгурского яруса, который сложен здесь терригенно-эвапоритовыми отложениями восточного борта Предуральского краевого прогиба и доступен для изучения с поверхности. Аналоги этих отложений в условиях Бельской впадины Предуральского прогиба обычно глубоко погружены и могут наблюдаться только на сейсмических профилях. Уникальность этого разреза определяется значительным размером обнажения, хорошей сохранностью первичных осадочных текстур в породах, проявлением процессов эпигенетической мобилизации вещества в результате блоковых тектонических подвижек, наличием реликтов сульфатно-глинисто-галитовых внедрений [Горожанин, Горожанина, 2011а; Горожанин, 2016].

Формирование вторичных ангидритовых нодулей и связанной с ними энтеролитовой складчатости, структур скольжения и будинажа, а также диапировых структур обусловлено тектоническим влиянием на эвапоритовую толщу. Время проявления таких деформаций неизвестно. С уверенностью их можно определить лишь как мезо-кайнозойские. Учитывая, что вся юго-восточная часть Восточно-Европейской платформы, включая Предуральский прогиб и западный склон Урала, была ареной довольно сильных неотектонических движений [Рождественский, 1971], можно предположить, что многие наблюдаемые явления связаны именно с этим этапом. Разрез можно рассматривать как геологический памятник эвапоритовых образований кунгурского яруса пермской системы.

## Модель накопления эвапоритов, структуры перераспределения солей (общая реконструкция бассейна)

Основные черты строения эвапоритовой толщи кунгура были установлены в годы Великой Отечественной войны при геологическом изучении Ишимбайского нефтеносного района. Трудами многих

**Рис. 25. Карстовые явления в разрезе «Акташево»: а — воронки в доломитах, бронирующих верхнюю сульфатную толщу; б — водопад из небольшого понора в нижней сульфатно-терригенной толще**

**Fig. 25. Karst phenomena in the “Aktashevo” section: a — sinkholes in dolomites, which armor the upper sulfate thickness; б — waterfall from a small ponor in the lower sulfate-terrigenous deposits**

геологов, изучавших солеродные отложения кунгура в Ишимбайском Приуралье, установлено, что солеродная толща кунгурского яруса имеет трехчленное строение.

Используя современные данные бурения в депрессионной зоне прогиба, а также изучение разреза восточной бортовой зоны (разрез «Акташево») [Горожанин, 2016], можно в целом реконструировать общую геологическую историю развития кунгурского эвапоритового бассейна.

Приуральский эвапоритовый бассейн образовался во время коллизии континентов и последующего роста Уральского орогена [Пучков, 2010], который частично отчленил Приуральский бассейн от мирового океана. Поступление океанической воды в полуизолированный бассейн происходило с севера Урала (в современных координатах), где кунгурские отложения представлены в терригенных фациях бассейна с нормальной соленостью морской воды. Обмеление Приуральского океанического бассейна и образование солей произошло чрезвычайно быстро, т. к. в ряде мест Предуральского прогиба можно видеть, что гипсовая толща залегает непосредственно на глубоководных депрессионных или флишевых отложениях (рис. 26). Эта ситуация похожа на мессинский кризис солености, который описан И.С. Чумаковым [Маловицкий и др., 1982] для начала миоцена в Средиземноморье; он произошел в результате тектонического «закрытия» палеоокеана Тетис и появления Гибралтарского барьера, отчленившего осадочный бассейн от Атлантического океана. В отличие от мессиния, где соли вновь перекрылись глубоководными радиоляриевыми илами (и сейчас находятся под дном Средиземного моря), в Приуралье эвапоритовый бассейн окончательно высох и перекрылся молассой — красноцветными конгломератами и песчаниками континентального генезиса, образовавшимися в результате разрушения Уральского орогена.

По аналогии с мессинским кризисом, этот момент неожиданного и быстрого образования солей в геологической истории Приуралья можно назвать кунгурским кризисом солености.

В последующее время эвапоритовая толща, перекрытая более молодыми осадочными образованиями, подверглась тектоническому перераспределению вещества, в том числе и диапиризму. Поэтому характер ее залегания различен по площади.

На погруженных участках в центре прогиба, таких как Аллакаевская впадина, которая расположена

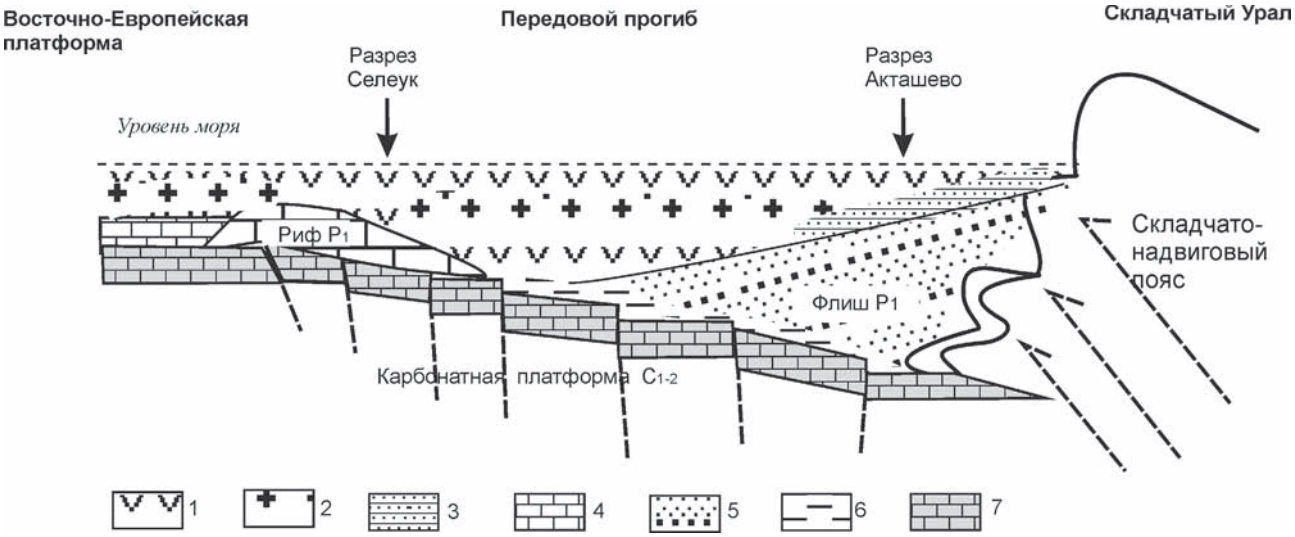


**Рис. 26. Модель строения Предуральского краевого прогиба в момент заполнения его эвапоритовыми осадками (кунгурский век)**

*Условные обозначения:* 1–3 — отложения кунгурского яруса: 1 — сульфаты (гипсы и ангидриты), 2 — соли (галит), 3 — сульфаты и песчаники; 4–6 — отложения ассельского, сакмарского и артинского ярусов нижней перми: 4 — карбонаты западного борта, 5 — флиш восточного борта, 6 — депрессионные кремнисто-глинистые отложения центральной части; 7 — шельфовые известняки каменноугольной системы.

**Fig. 26. Model of the structure of the Preuralian Foredeep at the time of its filling with evaporite sediments (Kungurian age)**

*Legend:* 1–3 — deposits of Kungurian stage: 1 — sulphates (gypsum and anhydrites), 2 — salts (halite), 3 — sulphates and sandstones; 4–6 — deposits of the Asselian, Sakmarian and Artinskian stages of the Lower Permian: 4 — carbonates of the western side, 5 — flysh of the eastern side, 6 — deep-water siliceous-clay deposits of the central part; 7 — shelf limestones of the Carboniferous system.

к востоку от Ишимбайского массива, сульфаты и соли, слагающие толщу, подверглись тектоническому перераспределению. В результате вещество из опущенных участков выжато к поверхности в виде протыкающих вышележащие осадки диапировых структур — соляных штоков.

На приподнятых блоках, таких как Шиханский в западной части прогиба, эвапориты залегают, на первый взгляд, почти горизонтально в виде наклоненной к востоку сульфатной толщи. Однако тот факт, что она перекрывает массив Шахтау и подвержена интенсивной тектонизации, выраженной складками и следами внутрипластового перераспределения вещества, не оставляет сомнения в том, что соляной диапиризм был интенсивно проявлен и в этой части прогиба. В настоящее время эти диапиры уничтожены современной эрозией, а в разрезе «Селеук» от кунгурской формации осталась только нижняя толща тектонизированных сульфатов.

Приподнятые блоки в восточном борту прогиба, такие как рассмотренный выше разрез «Акташево», показывают, что сульфаты кунгурского яруса, за исключением самых восточных участков, вовлеченных в зону разлома, залегают здесь более спокойно и почти горизонтально. Это достаточно парадоксальный вывод, так как обычно считается, что именно рост Уральского горного сооружения привел к диапиризму кунгурских солей. Как показано выше, признаки зарождения диапиров, генетически обусловленных межслоевым скольжением, имеются и здесь. Однако амплитуды диапиров составляют первые метры, что на 2–3 порядка меньше таковых в западной и центральной частях Предуральского прогиба.

Такое явление, как диапиризм солей, также более известное как соляная тектоника, из-за неоднозначности генезиса до сих пор является предметом дискуссий. Разные исследователи поразному объясняли такие структуры. Нефтепоисковое бурение и интенсивное геологическое изучение в Ишимбайском Приуралье позволили установить главный фактор — тектонический — как причину появления соляного диапиризма. Решающая роль в развитии этих представлений принадлежала Н.М. Страхову. Им впервые было показано [Страхов, 1947], что:

1) пластические перемещения масс, возникающие при солянотектонических формированиях, не ограничиваются только каменной солью, как думали прежде, но в большей или меньшей степени охватывают все породы галогенного разреза, включая ангидриты и глины. Особенно важно было установление относительной подвижности ангидритов, что позволило понять возможность сульфатных диапировых инъекций в поле развития соляной тектоники;

2) главной движущей силой пластических перемещений являются тектонические подвижки, вызывающие плойчатость и микроскладчатость, а не явления гидратации ангидритов, как считалось ранее;

3) показана невозможность объяснения генезиса солянотектонических форм только гравитационной нагрузкой перекрывающих толщ; показано, что вес избыточных масс в мульдах является второстепенным фактором.

Складки охватывают не только тонкие слойки толщиной в первые сантиметры, им подвергались пачки толщиной в метры и десятки метров, что наглядно видно в естественном разрезе гипсоангидритовой толщи в долине р. Селеук.

Складчатая форма движения вещества была наиболее реальной формой перетекания пластических масс из одного участка в другой, демонстрирующей возможный путь внутриформационных течений каменной соли и ангидритов и глинистых пород.

Актуальность этих закономерностей подтверждается современными данными. В расположенной южнее оренбургской части Предуральского краевого прогиба, где соляные поднятия в виде валов и отдельных штоков достигают 4–5-километровой высоты, в подсолевых толщах под ними обнаружены залежи нефти и газа. Их генезис, как и возникновение самих диапиров, объясним с точки зрения тектонической активизации разломов земной коры [Горожанин и др., 2013], что хорошо согласуется с представлениями, впервые разработанными Н.М. Страховым на территории ишимбайского Приуралья.

## Полезные ископаемые кунгурских эвапоритов

Кунгурская эвапоритовая формация Приуралья сложена преимущественно химически осажденными осадочными породами — гипсом, ангидритом и галитом, которые в чистом виде являются химическими соединениями, широко используемыми в различных отраслях народного хозяйства — производстве соли, каустической соды, строительных материалов. Кроме того, одним из самых ценных полезных ископаемых в эвапоритах являются

калийные соли — карналлиты и сильвиниты, локальные скопления которых образуют минерально-сырьевую базу для химической промышленности и производства удобрений (Верхнекамское месторождение калийных солей). В кунгурских эвапоритах ишимбайского Приуралья калийных солей хлоридного типа не найдено, однако в галитовом месторождении Ярбишкадак, где методом подземного растворения добывается сырье для производства соды, были обнаружены скопления минерала полигалита — сульфата калия и магния, технология добычи и использования которого пока не разработана и является делом будущего.

## Список литературы:

*Близеев Б.И.* Ритмичность кунгурской соленосной толщи юго-востока Русской платформы и сопредельной части Предуральского прогиба // Геология и генезис месторождений горнохимического сырья. – Казань, 1971. – 245 с. – (Тр. геологического института; Вып. 31).

*Богданов А.А.* Тектоника Ишимбайского Приуралья. – М., 1947. – 148 с. – (Тр. МОИП, нов. сер.; Вып. 7(11)).

*Горожанин В.М.* Литологические особенности, фации и эпигенез эвапоритов кунгурского яруса нижней перми восточного борта Предуральского прогиба (Разрез «Акташево», Южный Урал) // Уникальные литологические объекты через призму их разнообразия: Материалы 2-й Всерос. школы студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016. – С. 29–33.

*Горожанин В.М., Горожанина Е.Н.* Разрез «Акташево» — литолого-тектонический памятник кунгурского яруса нижней перми (р. Зилим, Южный Урал) // Пермская система: стратиграфия, палеонтология, палеогеография, геодинамика и минеральные ресурсы: Матер. Межд. конф., посвящ. 170-летию со дня открытия пермской системы. – Пермь, 2011а. – С. 74–78.

*Горожанин В.М., Горожанина Е.Н.* Эпигенетическая мобилизация вещества в терригенно-эвапоритовом разрезе кунгура (восточный борт Предуральского прогиба) // Концептуальные проблемы литологических исследований: Матер. 6-го Всеросс. литол. совещ. – Казань: Изд-во КГУ, 2011б. – Т. 1. – С. 240–243.

*Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Днистрянский В.И., Побережский С.М., Ефимов А.Г.* Роль разломно-блоковой тектоники в формировании залежей углеводородов в подсолевых отложениях палеозоя на юге Соль-Илецкого свода // Геология нефти и газа. – 2013. – № 2. – С. 22–33.

*Левицкий Ю.Ф.* Ангидрит со змееподобной текстурой // Материалы по геологии соляных месторождений. – Л.: ОНТИ, 1961. – С. 87–91. – (Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер.; Т. 68).

*Маловицкий Я.П., Чумаков И.С., Шимкус К.М., Есина Л.А., Москаленко В.Н.* Земная кора и история развития Средиземного моря.– М.: Наука, 1982. – 194 с.

*Петтиджон Ф.* Осадочные породы. – М.: Недра, 1981. – 751 с.

*Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. – 280 с.

*Рождественский А.П.* Новейшая тектоника и развитие рельефа Южного Приуралья. – М.: Наука, 1971. – 303 с.

*Страхов Н.М.* Геология кунгура Ишимбайского нефтеносного района. – М.: МОИП, 1947. – 142 с.

*Фролов В.Т.* Литология: Уч. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – Кн. 2. – 432 с.

## References:

*Blizeev B.I.* Ritmichnost' kungurskoi solenosnoi tolshchi yugo-vostoka Russkoi platformy i sopredel'noi chasti Predural'skogo progiba [Rhythm saliferous Kungurian strata of the South-East of the Russian platform and adjacent parts of the Ural Foredeep] // Geologiya i genezis mestorozhdenii gorno-himicheskogo syr'ya [Geology and Genesis of deposits of mining and chemical raw materials]. Proceeding of Geol. Inst. Vol. 31. Kazan, 1971. 245 p. (In Russian).

*Bogdanov A.A.* Tektonika Ishimbaiskogo Priural'ya [Tectonics of the Ishimbay Cis-Urals]. Moscow: Publishing house of the Moscow society of naturalists, new series. Vol. 7 (11). 1947. 148 p. (In Russian).

*Frolov V.T.* Lithologiya: Uchebnoe posobie [Lithology. Book 2. Textbook]. Moscow: Publishing house of Moscow state University, 1993. Kn. 2. 432 p. (In Russian).

*Gorozhanin V.M.* Litologicheskie osobennosti, facii i epigenez evaporitov kungurskogo yarusa nizhnei permi vostochnogo borta Predural'skogo progiba (Razrez "Aktashevo", Yuzhnyi Ural) [Lithological features, facies and epigenesis of the evaporites of the Kungurian of the lower Permian of the Eastern side of the Preuralian Foredeep (Section "Aktashevo", Southern Urals)] // Unique lithological objects through the prism of their diversity. Materials of the 2nd all-Russian school of students, postgraduates and young scientists in lithology. Yekaterinburg: IgG Uro RAS, 2016. P. 29–33. (In Russian).

*Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N.* Epigeneticheskaya mobilizaciya veshchestva v terrigenno-evaporitovom razreze kungura (vostochnyi bort Predural'skogo progiba [Epigenetic mobilization of the substance in the terrigenous-evaporite section of the Kungur (Eastern side of the Preuralian Foredeep] // Conceptual problems of lithological studies: Materials of the 6th all-Russian Litol. meeting. Kazan: Kazan. Univ., 2011b. Vol. 1. P. 240–243. (In Russian).

*Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N.* Razrez "Aktashevo" – litologo-tektonicheskii pamyatnik kungurskogo yarusa nizhnei permi (r. Zilim river, Yuzhnyi Ural) [The "Aktashevo" section – litho-tectonic natural heritage of Kungur layer of the lower Permian (the river Zilim, Southern Urals)] // Permian system: stratigraphy, paleontology, paleogeography, geodynamics and mineral resources: Proceedings of the International conference dedicated to the 170th anniversary of the Permian system. Perm, 2011a. P. 74–78. (In Russian).

*Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N., Dnistrianskyi V.I., Poberezhskii S.M., Efimov A.G.* Rol' razlomno-blokovoi tektoniki v formirovanii zalezhei uglevodorodov v podsolevyh otlozheniyah paleozoya na yuge Sol'-Iletskogo svoda [The Role of fault-block tectonics in the formation of hydrocarbon deposits in subsalt sediments of the Paleozoic in the South of

Sol-Iletsk arch] // Geology of oil and gas. 2013. No. 2. P. 22–33. (In Russian).

*Levitsky U.F.* Angidrit so zmeepodobnoi teksturoi [Snake-Shaped Anhydrite] // Materialy po geologii solyanykh mestorozhdenii. Leningrad: ONTI, 1961. P. 87–91. (Tr. VSEGEI, Novaya seriya. Vol. 68). (In Russian).

*Malovitsky I.P., Chumakov I.S., Shimkus K.M., Esina L.A., Moskalenko V.N.* Zemnaya kora i istoriya razvitiya Sredizemnogo morya [The Earth's crust and the history of the development of the Mediterranean Sea]. Moscow: Nauka, 1982. 197 p. (In Russian).

*Pettijohn F.J.* Sedimentary Rocks. 2nd Edition. New York: Harper and Row Publishers, 1975. 628 p.

*Puchkov V.N.* Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii) [Geology of the Urals and the PreUrals (topical issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa: DizainPoligrafServis Publ., 2010. 280 p. (In Russian).

*Rozhdestvensky A.P.* Noveishaya tektonika i razvitie rel'efa Yuzhnogo Priural'ya [The Latest tectonics and development of the southern Urals relief]. Moscow: Nauka, 1971. 303 p. (In Russian).

*Strahov N.M.* Geologiya kungura Ishimbaiskogo neftenosnogo raiona [The Geology of the Kungur Ishimbai oil region]. Moscow: Moscow society of naturalists, 1947. 142 p. (In Russian).

*Сведения об авторах:*

**Горожанин Валерий Михайлович**, канд. геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: gorozhanin@ufaras.ru

*About the authors:*

**Gorozhanin Valery Michailovich**, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: gorozhanin@ufaras ru