

СЕЛЕНИТ В ГИПСОНОСНЫХ ТОЛЩАХ НОВОМОСКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГИПСА

О. Н. Кобылина

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 15 сентября 2011 г.

Аннотация. На основании изучения морфологии и особенностей залегания жил селенита в гипсоносных отложениях Новомосковского месторождения делаются выводы об условиях их формирования, важнейшая роль среди которых принадлежит степени гидратированности слоев в гипсоносных отложениях. Предполагается, что жилы селенита сформировались на стадии диагенеза.

Ключевые слова: селенит, гипс, осадок.

Abstract. Based on the morphology and characteristics of bedding lived in selenite gypsum deposits Novomoskovsk field draws conclusions about the conditions of their formation, while the most important role among which belongs to the degree of hydration layers of gypsum-bearing sediments. It is assumed that the veins of selenite formed at the stage of diagenesis.

Key words: selenit, plaster, deposit

Введение

Гипс и гипсовое сырье имеет огромное значение в промышленности, строительстве, медицине. Благодаря современным технологиям гипсовый компонент в составе строительных материалов получил широкое распространение и поэтому постоянно ставится вопрос об увеличении объемов его добычи. В этой связи изучение гипсоносной толщи южного крыла московской синеклизы, анализ палеоклиматических, палеотектонических, условий осадконакопления и закономерности развития весьма актуальны.

Одним из важнейших индикаторных признаков условий образования гипсоносных толщ является селенит. В настоящее время селенит широко используется для изготовления резных поделок – фигурок различных животных, рамок для фото, письменных приборов, брошей и т.д. Работы по нему, в последнее время, усилились благодаря появлению твердых прозрачных лаков для покрытия изделий, предохраняющих этот мягкий камень от случайных царапин.

Селенит, как правило, образует либо самостоятельные жилы в слоях глин, либо генетически связан с гипсоносными толщами. Как правило, он заполняет различные трещины по плоскостям напластования, а также встречается в виде жилок, образовавшихся вследствие тектонических напряжений или внутриформационной складчатости в

результате напряжений при гидратации ангидрита. Характер выделения селенита, морфология его жил и других выделений представляют собой явление не всегда однозначно решаемое с точки зрения литогенеза. На его генезис существует две точки зрения: с одной стороны его рассматривают как результат низкотемпературной гидротермальной деятельности, с другой его рассматривают как продукт переотложения сульфата кальция приповерхностными водами. Форма выделений селенита позволяет пролить свет на условия диагенеза гипсоносных продуктивных толщ.

Одним из перспективных районов в Центральной части России относительно гипсоносности является Новомосковский район, который расположен в Тульской области, в 5 км к северо-западу от г. Северо-Задонск и в 7,5 км к северо-востоку от г. Новомосковск (рис. 1).

От областного центра г. Тула участок находится на расстоянии 70 км. Открытое в 1929 году Новомосковское месторождение гипса считается крупнейшим в Европе, а по некоторым оценкам и в мире [1].

В структурном плане месторождение расположено на стыке двух крупнейших структур Восточно-Европейской платформы, а именно: Московской синеклизы (южный борт) и Воронежской антеклизы (северо-восточное крыло) (рис. 2).

Дочетвертичные отложения на территории Новомосковского района, как и на значительной части Восточно-Европейской платформы, пред-

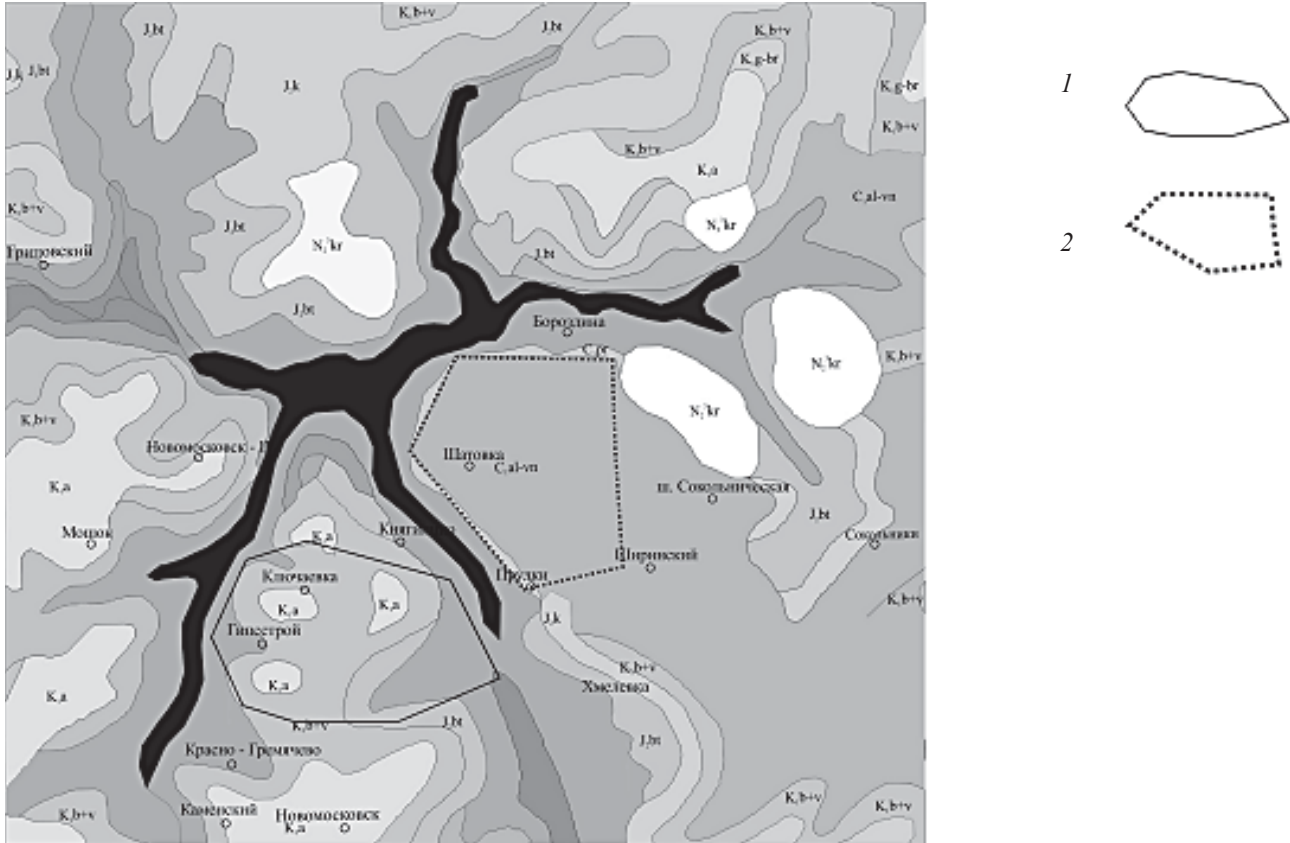


Рис. 1. Геологическая карта района: 1 – контуры Новомосковского месторождения гипса, 2 – контуры северо-восточного участка Новомосковского месторождения гипса

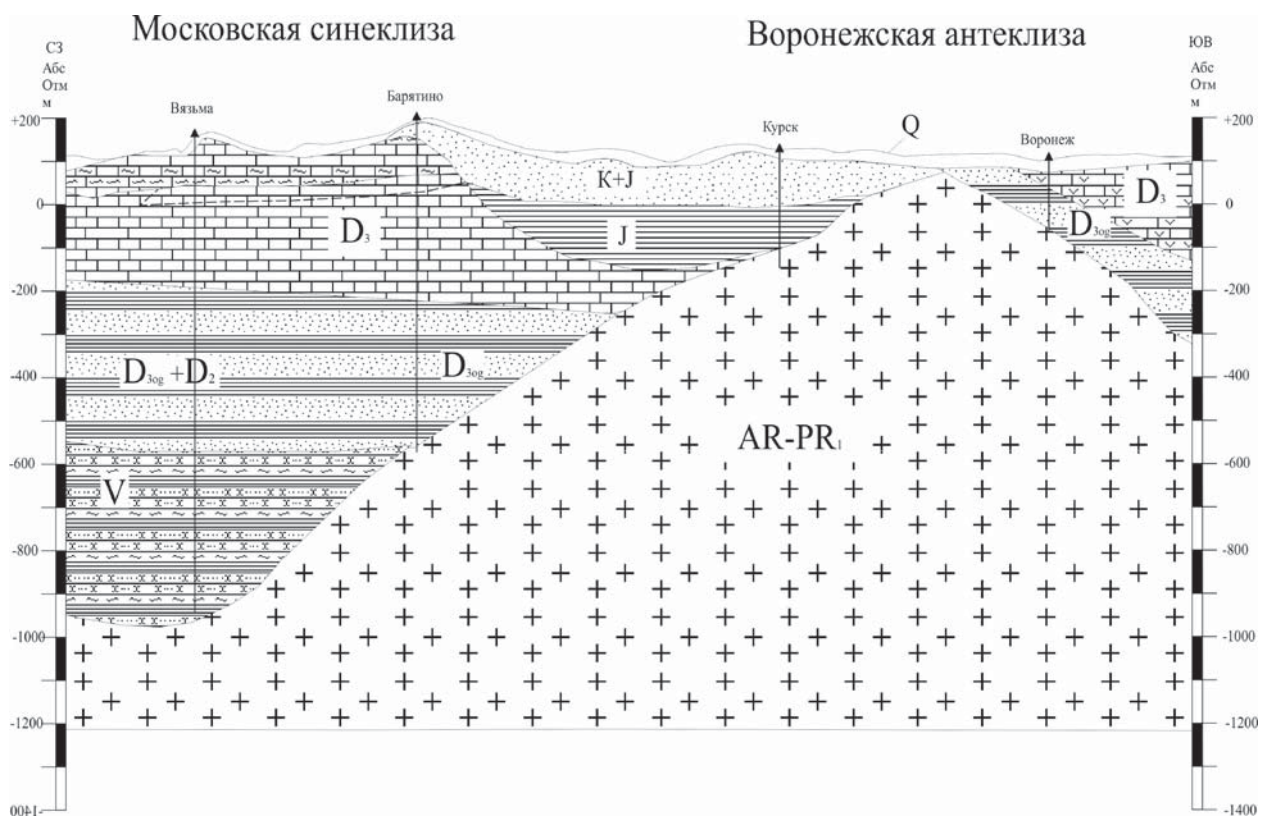


Рис. 2. Зоны перехода от Воронежской антеклизы к Московской синеклизе: 1 – область распространения гипсов

ставлены двумя структурными мегакомплексами: архейско-нижнепротерозойским и верхневендско-кайнозойским (плитным); первый из них слагает кристаллический фундамент, второй – осадочный чехол Восточно-Европейской платформы [2, 3].

В геологическом строении месторождения принимают участие породы осадочного чехла, сложенного девонскими, каменноугольными, юрскими, меловыми и неогеновыми породами. Перекрывают отложения осадочного комплекса образования четвертичного возраста. Мощность осадочного чехла достигает 600 м.

Вследствие сплошного залегания четвертичного покрова выходы коренных пород немногочисленны и приурочены к бортам долин крупных рек или их притоков [4]. Продуктивной в отношении гипсоносности является девонская система, которая развита повсеместно и представлена отложениями всех трех отделов.

Нижний отдел. Эмский ярус: пески, глины и алевропесчаники мощностью до 58 м.

Средний отдел. Эйфельский ярус разделяется на четыре горизонта: дорогобужский – ангидриты с прослоями доломитов, глины с горизонтом каменной соли; клинцовский – глины с прослоями мергелей; мосоловский – глинистые известняки; чернорский – глины.

Живетский ярус сложен ритмично чередующимися песками, алевролитами, песчаниками староосколского надгоризонта мощностью до 100 м.

Верхний отдел. Франский ярус. В основании залегают пески, алевролиты и глины пашийского и тиманского горизонтов, мощность до 80 м. Выше лежащие саргаевский и семилукский горизонты сложены известняками мощностью до 80 м, которые в свою очередь перекрываются известняками и глинами петинского и воронежского горизонтов мощностью до 100 м. Верхняя часть яруса представлена чередованием известняков и доломитов евлановского и ливенского горизонтов мощностью до 90 м.

Фаменский ярус. В основании – песчаники, доломиты и доломитизированные известняки задонского и елецкого горизонтов мощностью до 91 м, которые вверх по разрезу переходят в более глинистые, часто тонкослоистые разности лебедянского, оптуховского и плавского горизонтов, мощностью до 118 м. Фаменский ярус расчленяется на два подъяруса – нижнефаменский и верхнефаменский.

Отложения *верхнефаменского подъяруса* представлены *кудеярвскими слоями* (D_3kd) (нижней,

средней и верхней частями). Кудеярвские слои сложены комплексом сульфатно-карбонатных пород. Нижняя граница проводится по известнякам с прослоями доломита, отнесенного к тургеневским слоям, а верхняя – по подошве глинистого темно-серого известняка или доломитизированной глины зерско-хаванского горизонта нижнего карбона.

Мощность *кудеярвских слоев* составляет от 40,5 м до 79,0 м. Наибольшие мощности описываемых слоев расположены в центральной части изучаемого района, уменьшение мощности прослеживается на север и запад, в сторону Шатского водохранилища.

Нижняя часть кудеярвских слоев (D_3kd) представляет собой переслаивание доломитов, гипсов и глин, мощность прослоев гипса составляет от 0,1 до 3,0 м.

Средняя часть кудеярвских слоев (D_3kd) представлена гипсом. На площади рассматриваемой территории мощность гипса колеблется от 14,0 м до 28,6 м. Толща гипса сложена переслаиванием нескольких разновидностей, основные из которых описаны ниже.

Верхняя часть кудеярвских слоев (D_3kd) представлена доломитами, от серого до темно-серого цвета, скрытокристаллическими, плотными [5, 6].

Литологические особенности продуктивной толщи

Толща гипса сложена переслаиванием нескольких разновидностей гипса, основными из которых являются следующие.

1. Гипс светло-серый, часто с желтоватым оттенком, крупнокристаллический, сахаровидный, местами текстура пятнистая за счет неравномерной окраски и включений доломита, с вкраплениями в виде линз тонкослоистого гипса и пересекающихся нитевидных прослоев темно-серых доломитов. Пятнистый гипс имеет преобладающее распространение в разрезе гипсовой толщи.

2. Гипс характеризуется серым и темно-серым цветом, с кристаллами гипса звездчатой формы, с тонкими прослоями доломита и линзами селенита. Звездчатый гипс имеет подчиненное распространение в разрезе гипсовой толщи.

3. Селенит от белого до светло-голубого цвета, отличается ярко выраженной волокнистой структурой, иногда сложен вытянутыми кристаллами гипса. В незначительном количестве присутствует глинисто-доломитовый материал в виде мелких линзочек и тонких прерывающихся про-

слоев, ориентированных перпендикулярно волокон гипса.

Эти разновидности в различной последовательности слагают чередующиеся пласты гипса, образовавшихся в ходе отдельных циклов осадконакопления, которые заканчиваются образованием прослоев селенита или доломита. Граница между отдельными пластами проводится по кровле прослоя селенита или доломита. Пласты гипса имеют волнистое залегание. В гипсовых пластах трещиноватость не наблюдается, лишь в прослойках селенита или доломита, которые являются границей раздела слоев, обогащенных углистым веществом, отмечается трещиноватость усыхания.

Особенности химического состава гипсов характеризуются следующими параметрами: содержание СаО – колеблется от 29,36 % до 38,45 %; среднее значение 35,20 %. Значения гидратной воды варьируют в пределах от 14,96 % до 19,22 % при среднем значении 17,49 %. Содержания нерастворимого остатка более изменчивы от 1,26 % до 13,20 % при среднем значении 4,07 %. Содержание SO₃ от 28,96 до 52,82 при среднем значении 46,41 %. Содержание гипса (CaSO₄ × 2H₂O) – варьирует от 91,84 % до 71,49 % среднее значение – 83,56.

Результаты определения содержаний в породах нерастворимого остатка свидетельствуют о неравномерном распределении нерастворимого остатка в толще. Повышенное содержание нерастворимого остатка объясняется приуроченностью к контакту с вышележащими доломитами и тонкими прослоями доломитов в толще гипса.

Тектоника. На протяжении длительного периода Московская синеклиза неоднократно подвергалась воздействию тектонических процессов. Отголоски проявления герцинской, а затем альпийской складчатости выразились в образовании структур II и III порядков, которые в виде выраженных валов и прогибов осложняют крыло южное синеклизы. Эти дополнительные структуры имеют преимущественно широтное направление [7, 8].

Региональные поднятия и опускания, неоднократно проявляющиеся на протяжении палеозойского времени на Русской платформе, сопровождалась в области Московской синеклизы чередованием континентального и морского режимов, что приводило к образованию карбонатных, терригенных озерно-лагунных осадков. Положение описываемого района, в области платформенной структуры, определяет типичные платформенные черты слагающих его осадков. Относительно малая мощность пород, быстрая смена фаций на общем

фоне пологого погружения осадочных толщ к северу, южное крыло синеклизы осложняется полными отрицательными и положительными структурами II порядка, на фоне которых выделяются структуры III порядка, представленные небольшими по амплитуде поднятиями и прогибами обычно изометричной формы. В пределах описываемого района и ближайших сопредельных площадей выделяется крупная широтная тектоническая структура II порядка Труфаново-Павелецкая зона поднятий [9, 10].

Длительное погружение территории, начавшееся в среднем девоне и продолжавшееся до среднего карбона, привело к накоплению мощной (более 100 м) толщи осадков. Общее погружение неоднократно прерывалось поднятиями, приводившими к обмелению, а иногда и к осушению морского бассейна, и обусловившими циклическое строение девонских отложений. Особенно продолжительные поднятия имели место на границе турнейского и визейского веков, а так же на границе нижнего и среднего карбона. В конце палеозоя и начале мезозоя район вновь испытал крупный и длительный подъем, о чем свидетельствует отсутствие на его территории осадков верхнего карбона, перми, триаса и нижней юры. Неоднократно колебания различной интенсивности происходили и в мезозойское время, в результате чего морские трансгрессии сменялись регрессиями, сопровождающимися размывом ранее накопившихся осадков мела. Осадки палеогена были уничтожены во время нового подъема, который район испытал в конце палеогена – начале неогена. Эта тенденция к поднятию продолжалась в течение всего неогена и в начале четвертичного времени, что привело к формированию сильно расчлененного современного рельефа [9].

Основные тектонические структуры района образованы в девонское и каменноугольное время. Воздействие более поздней тектоники сказалось лишь на размерах и очертаниях структур, но общий план их остался неизменным. Рассматриваемая территория в тектоническом плане соответствует Новомосковскому поднятию [10].

Палеогеографические и палеотектонические условия осадконакопления гипсов. Особенности фациальных переходов Новомосковского месторождения гипса были рассмотрены на примере северо-восточного участка. В девоне территорию покрывало мелководное море. В позднем девоне происходит одна из крупнейших регрессий моря, и за счет этого здесь происходит осушение лагун.

Рельеф был равнинным, на что указывает преобладание в осадках хомогенных карбонатных пород. Осадконакопление гипсоносной толщи началось в позднем девоне, начало этого процесса было положено прогибанием в начале среднего девона, в современном географическом представлении от Нижнего Поволжья до центральной Балтики. Прогиб имел северо-западную ориентировку и был заполнен преимущественно терригенными и частично карбонатными образованиями. В начальной фазе развития в центре платформы накапливались также сульфатные и галогенные породы. В позднем девоне Московская синеклиза развивалась как почти изометричная депрессия [9, 7, 10]. Мощности гипсовой толщи варьируют незначительно. Максимум (до 24 м) приурочен к северо – восточной и восточной части участка. Минимальные значения мощности гипсовой толщи зафиксированы в западной и юго-западной части исследуемого района от 14,0 м до 15,2 м.

При детальном рассмотрении разрезов от севера-востока к юго-западному направлению, в литологических разностях пород прослеживаются более частые и более мощные прослои аргиллитоподобных глин, доломитизированных гипсов. В северо-восточной части исследуемого района глинистые прослои присутствуют лишь на границе кровли гипсовой толщи и подошвы предшествующей тол-

щи доломитов, мощности таких прослоев не достигают более 1–2 см, или отсутствуют вовсе.

Морфология селенитовых выделений

Селенит характеризуется ярко выраженной полупрозрачной волокнистой структурой, сложен вытянутыми кристаллами гипса. (параллельношестоватый агрегат по А.Г. Жабину [11]). Для селенита характерен шелковистый блеск и переливчатый оптический эффект возникающий в результате рассеивания световых лучей на тонких, параллельно проходящих поверхностях границ волокнистых индивидов. Этот эффект возникает благодаря параллельному расположению многочисленных плотно сросшихся между собой тонких волокон, перпендикулярно направленных стенкам трещин. Распространены несколько типов выделений селенита: 1) в виде мелких линзочек размером от 0,5 до 1,5 см, 2) в виде ветвящихся прожилков, мощность которых колеблется от 0,2 до 2 см (рис. 3, а) и 3) в виде горизонтальных прослоев, мощность таких прослоев может варьировать от 2 до 20–30 см (рис. 3, б).

Происхождение первых двух форм выделения селенита легко объяснить неравномерным уплотнением осадка на стадии диагенеза, в то время как происхождение выдержанных прослоев (рис. 3, б) требует дополнительного осмысления.

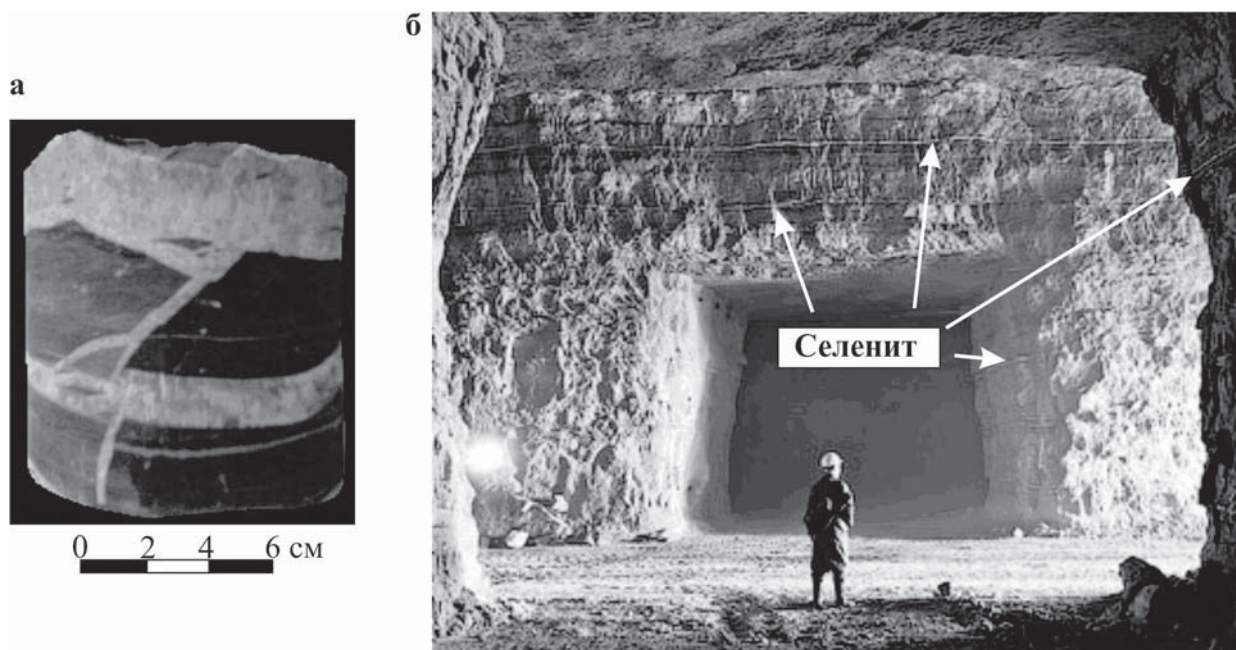


Рис. 3. Селенит в гипсоносных толщах: а – прожилки, заполненные селенитом в глинах; б – горизонтальные прослои селенита

Повсеместно, но в очень малых количествах в прослоях селенита присутствует глинисто-доломитовый материал в виде мелких линзочек размером не более 1–2 мм, а также тонких прерывающихся прослоек мощностью от 1 до 3 мм, ориентированных перпендикулярно направлению волокон селенита. Очень редко в селените присутствуют кристаллы целестина, ориентированные согласно общему строению. Контактный шов селенита в независимости от перекрывающего пласта, как в глине, так и в гипсе всегда выражен очень четко. При рассмотрении условий роста параллельно-шестоватых агрегатов на примере гипса-селенита, использовались представления А.Г. Жабина [11].

Селенит образовался путем перехода ангидрита в гипс. Ангидрит образовался в озерных соленосных отмирающих бассейнах, при достижении некоторого определенного значения концентрации солей, в частности NaCl и особенно MgCl₂, вместо гипса кристаллизовался ангидрит [11]. В результате гидратации ангидрита в осадочных отложениях по реакции: $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. При присоединении двух молекул воды к ангидриту происходит сильное увеличение объема (до 30 %), что приводит к напряжению внутри гипсовой толщи. При разгрузке этих напряжений происходит образование многочисленных разнонаправленных трещин, по которым и происходит образование новых систем трещин, пересекающихся с ранее образовавшимися. В этих трещинах образуется селенит при их раздвижении, либо он сам раздвигает трещины за счёт кристаллизационного давления. В первом случае волокна селенита ориентированы перпендикулярно стенкам трещин, во втором волокна селенита обычно деформированы. Жабин А. Г. [11] показал, что в формировании агрегатов параллельно-шестоватый типа большую роль играет индукторный механизм ориентации индивидов. Образование агрегата начинается с образования тонкого прожилка, кристаллизующегося в узкой трещине. Дорастая до стенок индивиды, начинают оказывать на них кристаллизационное давление, которого может быть достаточно, чтобы хотя бы немного расширить трещину за счет уплотнения породы. Тем временем в тесном пространстве прожилка идет рост новых индивидов, которые при своем зарождении ориентировались вдоль господствующего положения кристаллов – перпендикулярно к стенке трещины. Видимо, следует также допустить, что в условиях, когда стенки оказывают сопротивление росту агрегата, рост кристаллов может регулироваться тем, что

максимальное кристаллизационное давление развивается в направлении наибольшего роста кристаллов. Если сопротивление стенок достаточно велико, то рост агрегата тормозится и заканчивается. В противоположном случае сопротивление стенок преодолевается, прежде всего, теми индивидами, которые расположены поперек прожилка и, следовательно, в этом направлении могут развить наибольшее усилие. За счет возросшего кристаллизационного давления селенит раздвигает стенки трещины, приподнимает горизонтальные пласты, и прожилки со временем превращаются в жилу, сплошь заполненную селенитом. При росте селенита в пластовых жилах сила тяжести улучшает поступление питающего раствора к верхнему контакту и одновременно ослабляет питание нижнего контакта. Вследствие этого селенит обычно растет быстрее вверх [12]. В других случаях селенит формируется в постепенно приоткрывающихся трещинах, когда скорость приоткрывания меньше или равна скорости роста кристаллов. Сначала трещина заполняется зернистым агрегатом минерала в виде сплошной тонкой жилки. Затем, по мере открывания зерна, упираясь друг в друга, могут расти только вслед за раздвигающимися стенками трещины. Они постепенно вытягиваются нормально стенкам, формируя параллельно-шестоватый или волокнистый агрегат. В иных случаях параллельно-шестоватые (чаще волокнистые) агрегаты образуются при разрастании их от волосных трещин в обе стороны. Для уточнения механизма образования прослоев селенита по скважине № 9003 (рис. 4). Было изучено количество содержания гидратной воды в гипсовой толще. Количество гидратной воды рассчитывалось на чистый гипс (за минусом нерастворимого остатка). Вариации содержания гидратной воды колеблются от 9,31 до 10,63%. Что в целом указывает на недостаточно стабилизированную гидратированность всей гипсоносной толщи. Другими словами в ней встречаются прослои по степени гидратированности приближающиеся к теоретическим и прослои не полностью гидратированные.

Прослои селенита встречены на следующих глубинах: 105,7 м – мощность прослоя селенита – 6 см, 114,0 м мощность прослоя селенита – 8 см, 115,2 м мощность прослоя селенита – 5 см, 119,0 м, мощность прослоя селенита – 2 см. Анализ положения наиболее мощных прослоев селенита показывает, что они приурочены к наиболее высоким градиентам изменения гидратированности в гипсах. Что позволяет сделать вывод о существен-

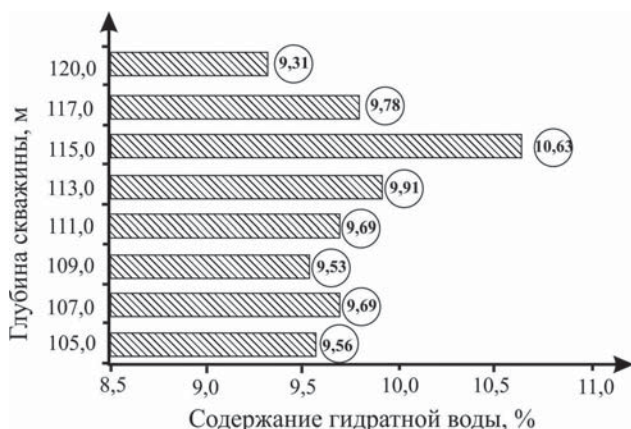


Рис. 4. Распределение гидратной воды в породах, вскрытых скважиной 9003

ной ее миграции при литификации всей гипсоносной толщи по механизму ее перемещения из прослоев более гидратированных в более «сухие». При этом объемы более сухих прослоев увеличиваются, а прослои, где происходит дегидратация, уменьшаются в объеме. Возникновение селенитовых прослоев компенсирует механизм «обезвоживания»

высоко-гидратированных прослоев. При этом уменьшение объема одновременно стимулируется ростом кристаллов селенита.

Под электронным микроскопом был сделан ряд снимков ориентированных как в ортогональном, так и в продольном направлениях относительно волокнистости селенита. В поперечном срезе (рис. 5, а, б) обращает на себя внимания достаточно плотная упаковка волокон, которые в сечении представляют собой многогранники (как правило, четырехгранники). В центре некоторых многогранников отмечаются «дырчатые» микроструктуры. Вдоль волокон отмечается пластинчатое строение со строго параллельным расположением упомянутых табличек. На отдельных участках заметна деформированность волокон с сохранением табличчатости поперечного строения.

Гипс, в отличие от селенита (рис. 5, в), обладает хаотическим расположением табличек, часто ориентированных ортогонально друг относительно друга. При этом, сами таблички деформированы и содержат многочисленные секущие микротрещины. Упаковка слойков – табличек менее плотная, чем у селенита.

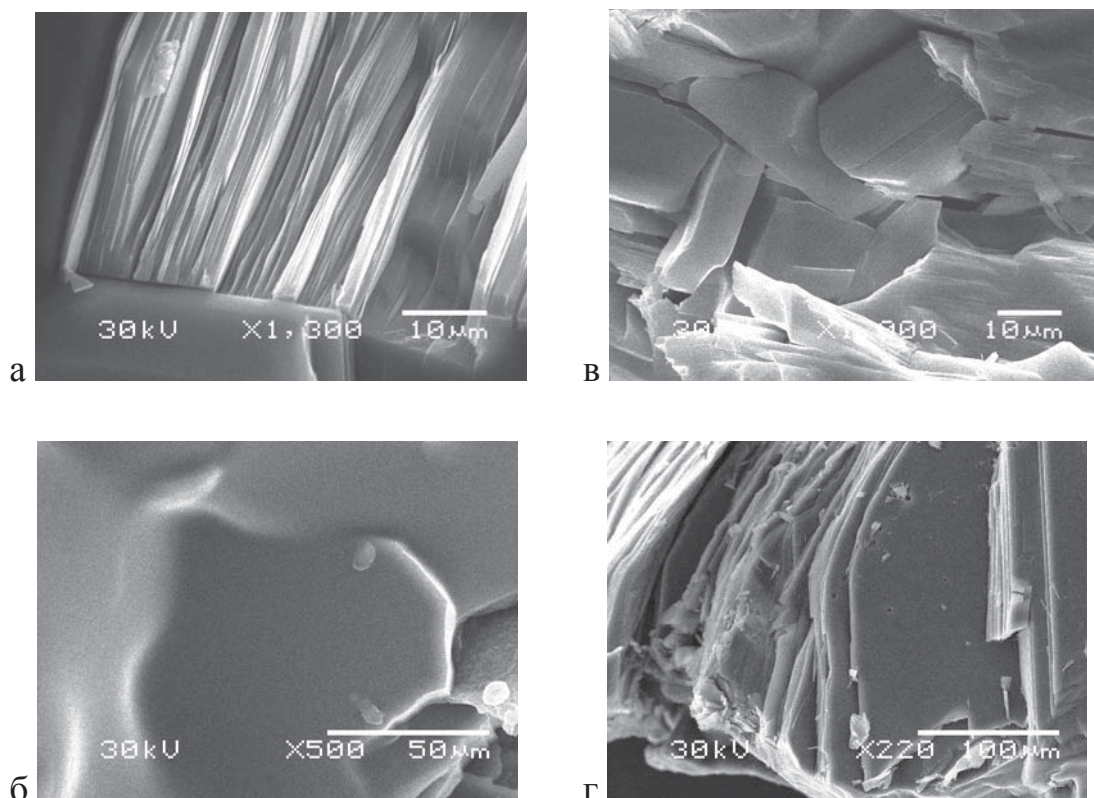


Рис. 5. Микроскопический электронный снимок селенита: а – вдоль волокон селенита, б – перпендикулярно волокнам селенита, в – зернистая разновидность гипса, г – звездчатая разновидность гипса

Для звездчатого гипса (рис. 5, з) характерна губчатая поверхность на контакте с глинистым материалом и таблитчатое внутреннее строение. При этом таблочки хорошо сформированы, но расположены несколько хаотично по сравнению с селенитом. Некоторые из них обладают сглаженными формами, микрокавернозностью и микротрещиноватостью, по которой отмечается смещение.

Выводы

Пластообразные залежи гипса образовались путем химического осаждения из природных концентрированных растворов в прибрежно-морских условиях – в усыхающих лагунах с ограниченным водообменном. Отложения верхнедевонского моря представлены серией сменяющих друг друга слоев доломитов, гипсов и глин.

Так как накопление различных слоев (ритмов) происходило при различной степени аридизации климата, накапливающийся осадок был в различной степени гидратирован. При этом в более засоленных условиях формирования менее гидратированные разности – [11] а при меньшей относительной солености, прослой с большей степенью гидратации. На стадии диагенеза [13] градиент степени гидратированности возможно является причиной формирования селенита. Секущие, сколовые трещины, заполненные селенитом, являются отражением внутренних напряжений толщи, за счет изменения объемов при уплотнении осадка на диагенетической стадии.

Морфология прослоев селенита, особенно удивительная их выдержанность по мощности а так же их приуроченность к наиболее высоким градиентам изменения гидратированности в гипсах, позволяет предполагать существенную роль степени гидратированности сопряженных слоев. При этом возникновение селенитовых прослоев является реакцией на изменение мощностей смежных слоев с различной гидратированностью и следовательно с различной скоростью уплотнения. Сам механизм формирования выдержанных прослоев селенита представляется достаточно сложным и в значительной степени взаимообуславливающим: с одной стороны волокна селенита начинают формироваться, как отражение литостатичес-

кого давления и объема, под влиянием выше лежащих слоев на локальных субгоризонтальных участках, при перераспределении гидратной воды, а с другой сам рост кристаллов компенсирует это изменение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стародубцева И. А. Геологическая история Подмосковья / И. А. Стародубцева, А. Г. Сенников, И. Л. Сорока. – М. : Наука, 2008. – 229 с.
2. Зиновенко Г. В. Этапы геологического развития Восточно-Европейской платформы и основные осадочные бассейны / Г. В. Зиновенко // Літасфера. – 2004. – № 1. – С. 5–14.
3. Гарецкий Р. Г. Главные этапы развития Московской синеклизы / Р. Г. Гарецкий, М. А. Нагорный // Литосфера. – 2006. – № 2. – С. 14–24.
4. Белая Н. И. Геологическое строение Московского региона / Н. И. Белая, Е. П. Дубинин, С. А. Ушаков. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 52 с.
5. Девон Воронежской антеклизы и Московской синеклизы / Г. Д. Родионова [и др.]. – М. : Недра, 1995. – 265 с.
6. Девонские отложения центральных областей Русской платформы / М. Ф. Филиппова [и др.]. – М. : Недра, 1958. – 404 с.
7. Андреева Н. К. Палеогеография и фации Центральной и Северо-Восточной части Московской синеклизы в Девоне / Н. К. Андреева, Н. А. Каграманян, Т. Н. Хераскова. – М. : Недра, 2000. – 439 с.
8. Герасимов П. А. Южная часть Московской синеклизы / П. А. Герасимов // Стратиграфия СССР. – М. : Недра, 1972. – С. 21–50.
9. Тихомиров С. В. Этапы осадконакопления Девона Русской платформы и общие вопросы развития и строения стратисферы / С. В. Тихомиров. – М. : Недра, 1995. – 445 с.
10. Фокин П. Л. Раннегерцинский этап развития Восточно-Европейской платформы палеогеография и палеотектоника / П. Л. Фокин – М. : Недра, 1998. – 332 с.
11. Жабин А. Г. Морфология и генезис параллельношестоватых агрегатов минералов / А. Г. Жабин // Зап. Всесоюзн. минерал. об-ва. – 1958. – Ч. 85, вып. 5. – С. 57–64.
12. Малеев М. Н. Свойства и генезис природных нитевидных кристаллов и их агрегатов / М. Н. Малеев. – М. : Наука, 1971. – 199 с.
13. Логвиненко Н. В. Образование и изменение осадочных пород на континенте и в океане / Н. В. Логвиненко. – Л. : Недра, 1987. – 237 с.

Воронежский государственный университет
О. Н. Кобылина, научный сотрудник
Тел. 8 (473) 273-38-64
ollyabuh@yandex.ru

Voronezh State University
O. N. Kobylina, the scientific employee
Tel. 8 (473) 273-38-64
ollyabuh@yandex.ru