

## МЕТАЛЛЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ В ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕРХНЕГО МЕЛА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

А. В. Жабин, Д. А. Дмитриев

*Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 19 апреля 2019 г.

**Аннотация:** в работе рассматриваются особенности вещественного состава отложений верхнего мела, представленных карбонатными породами и в разной степени окремнёнными их разновидностями. Минеральный состав нерастворимого остатка карбонатов представлен монтмориллонитом, гейландитом, иллитом, сульфидами металлов и часто гипсом, что указывает на образование данных пород в аридных обстановках лагуны. Окремнённые образования, наряду с указанными, содержат силицистые минералы. В этих же породах встречаются включения самородного свинца размером от сотых долей мм, до 5 см. Генезис металла связывается с его выпадением из флюидных эманаций под действием углеводородной составляющей.

**Ключевые слова:** Воронежская антеклиз, верхний мел, окремнение, флюиды, самородный свинец.

### METALS AND THEIR COMPOUNDS IN THE UPPER CRETACEOUS SEDIMENTS OF THE SOUTHEAST PART OF THE VORONEZH ANTECLISE

**Abstract:** the paper discusses the features of the material composition of the Upper Cretaceous sediments represented by carbonate rocks and their varieties silicified to various degrees. The mineral composition of the insoluble carbonate residue represented by montmorillonite, heylandite, illite, metal sulphides and gypsum, which indicates the formation of these rocks in arid environments of the lagoon. Silica formations, in addition to the above-mentioned, contain silicite minerals. These rocks contain inclusions of native lead in size from hundredths of a millimeter to 5.0 cm. Metal genesis is associated with its precipitation from fluid emanations under the action of the hydrocarbon component.

**Key words:** Voronezh anteclise, Upper Cretaceous, silicification, fluids, native lead.

#### Введение

Карбонатные отложения верхнемелового времени на территории Воронежской антеклизы прослеживаются южнее границы их эрозионного выклинивания примерно по линии Брянск-Орёл-Малоархангельск-Воронеж-Бобров [1]. Они представлены мелом, мергелем и в различной степени окремнёнными разновидностями этих пород. Последние, залегают в виде неровной полосы шириной от нескольких до 150 км субпараллельно границе распространения верхнемеловых образований (рис. 1).

Частным случаем проявления окремнения карбонатных пород, являются округлые, башнеподобные формирования диаметром до 10 м, возвышающиеся до 22 м на склонах оврагов, носящие местное название «дивы». Они прослеживаются на правобережье р. Дон и в некоторых случаях используются для

устройства в них культовых сооружений (часовни монастыря Дивногорье).

Нами изучено одно из таких формирований, находящееся в 33 км к юго-западу от г. Воронеж и в 3 км к западу от с. Костёнки. Эта «постройка» возвышается на 2,5 м над поверхностью верхней части склона оврага (рис. 2). Она сложена белым с желтовато-серым оттенком мелом, окремненным, очень крепким, разбитым разнонаправленными трещинами, за счёт чего создаётся впечатление, что данное образование состоит из остроугольных обломков различной величины, в целом напоминающих брекчию. Трещины выполнены жёлтым глинистым материалом, представляющим собой нерастворимую часть основной породы, образованной при её выветривании. По всей поверхности обломков наблюдаются пятнистые выделения тёмно-серого цвета с синим оттенком размером

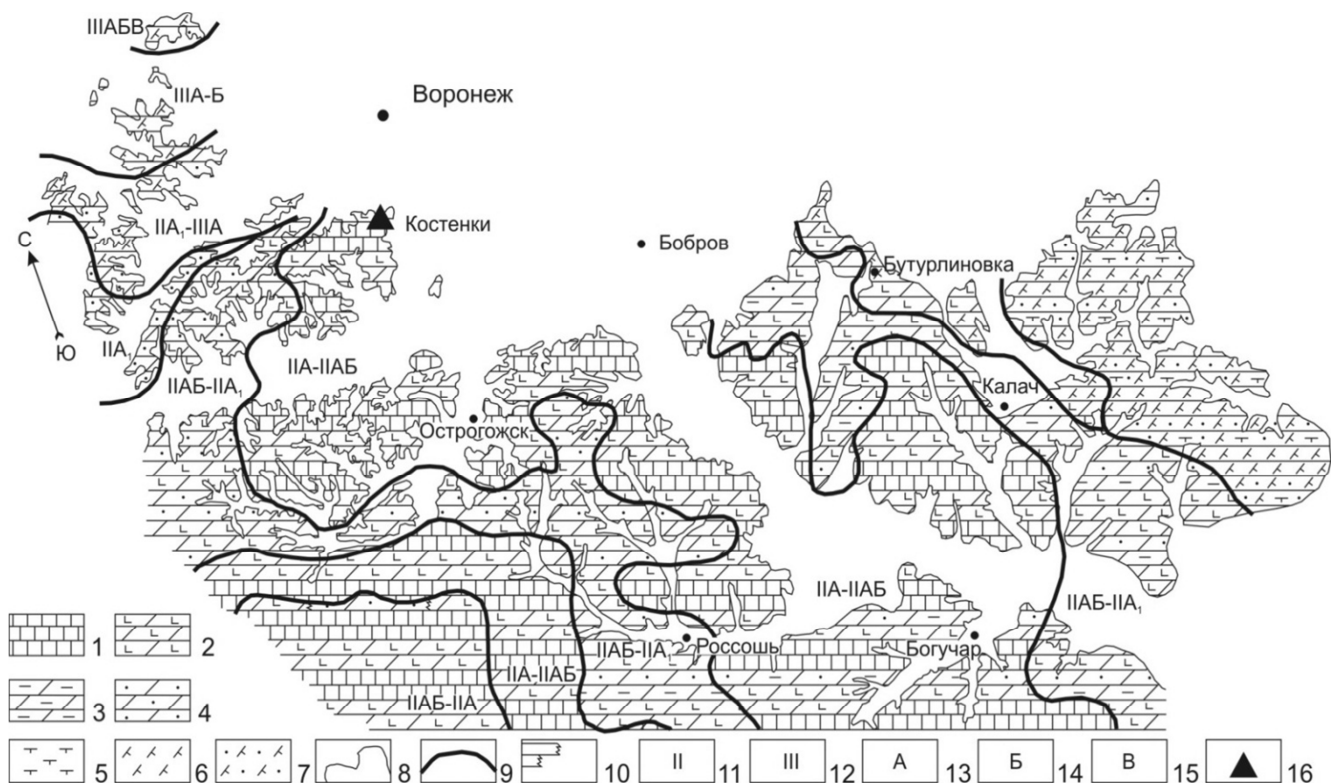


Рис. 1. Фациальная карта сантонского века юго-восточного склона Воронежской антеклизы [12]. Условные обозначения: 1 – мел писчий; 2 – мергель мелоподобный; 3 – мергель глинистый; 4 – мергель кремнеземистый; 5 – глина карбонатная; 6 – опока глинистая; 7 – опока алевритистая; 8 – границы распространения сантонских отложений; 9 – границы фациальных зон; 10 – фациальные замещения и выклинивания; 11 – мелководно-морская зона; 12 – прибрежно-морская зона; 13 – спокойный гидродинамический режим; 14 – средний гидродинамический режим; 15 – активный гидродинамический режим; 16 – проявление столбчатого окремнения («дива») у с. Костенки.



Рис. 2. Проявление столбчатого окремнения («дива») у с. Костенки.

от одного до 10 мм (рис. 3). При зачистке их ножом проявляется блестящая поверхность с металлическим блеском. В целом пятна представлены мягким металлом. Кроме них в окремнённых обломках встречаются редкие, размером до 5 см, выделения уплощенной формы того же металла (рис. 4).

При аналитических исследованиях изучались образцы, взятые из внутренних частей крупных обломков, составляющих это окремнённое формирование и из вмещающего его неизменённого мела. Одновременно исследовались и крупные металлические выделения. Из образцов окремнённого и неизменённого мела были изготовлены шлифы и аншлифы и при обработке 5 % соляной кислотой выделены нерастворимые остатки, которые анализировались рентгеновскими, электронно-микроскопическими и микрозондовыми методами. Для выяснения элементного состава металлических включений, от микроной размерности до крупных выделений, применялись микрозондовый и рентгенофлуоресцентный анализы. Все аналитические исследования проводились на оборудовании Центра коллективного пользования научным оборудованием ВГУ.

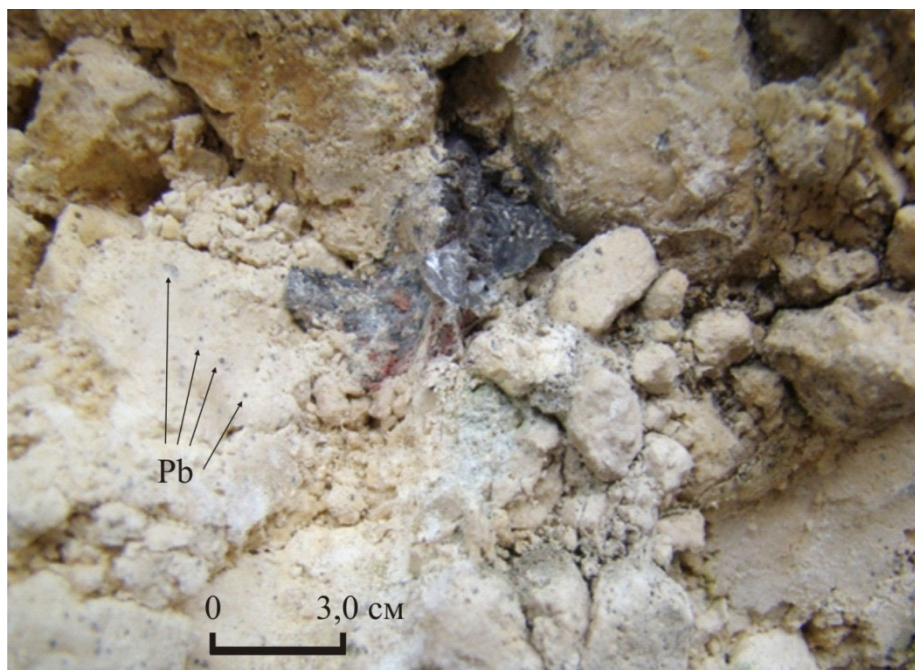


Рис. 3. Включение свинца в окремнённой породе. Стрелками указаны микровключения свинца.



Рис. 4. Самородный свинец из окремнённой породы.

#### Результаты исследований

Проведённые исследования позволили выявить некоторые особенности изучаемых пород. Так, мел в обнажении имеет серый оттенок и, казалось бы, должен содержать в своём составе высокие значения примесей. Тем не менее, количество нерастворимого остатка составляет всего 0,2 %. Его минеральный состав на 15 % представлен гипсом в виде волокнистых кристаллов голубоватых оттенков размером около 0,1 мм, семсейитом (сульфид свинца и сурьмы в количестве 40 %), определяемым рефлексами с  $d=3,78; 3,32; 3,22; 2,17; 1,767 \text{ \AA}$ , монтмориллонитом (15 %), идентифицируемым на рентгенограммах рефлексом с  $d=13,6 \text{ \AA}$  и изменяющим это значение на 17,7  $\text{\AA}$ , при насыщении препарата глицерином, гейландитом (10 %), определяемым рефлексами на рентгенограммах  $d=9,0; 7,94; 3,96; 3,92 \text{ \AA}$ , иллитом (10 %) – рефлексы 10,0; 4,95; 3,32  $\text{\AA}$ , единичными зёрнами тёмноцветных минералов и 10 % опала с тридимитом,

выражающимся на дифрактограмме гало в области углов 15–40°. Минеральный состав фракции менее 0,005 мм проводился с использованием рентгеновского дифрактометра ARLX`TRA.

В свою очередь, окремнённый мел, по сравнению с неизменённым, как отмечалось выше, представляет собой очень крепкую породу, что позволяло полагать о значительных количествах минералов кремнезёма в его составе. Тем не менее, количество растворимой в соляной кислоте его части (кальцита) составляет 90 %. Минеральный состав нерастворимого остатка отличается от такового неизменённого мела. Здесь отсутствуют сульфиды и гипс. Количество монтмориллонита около 60 %. Содержание опал-тридимита составляет первые проценты, и появляется халцедон. Вместе силицитовые минералы составляют около 7%.

Микронзондовый анализ металлических включений (табл. 1), независимо от их размеров, показывает очень близкие качественные значения. В основном они состоят из свинца и хлора в разных количественных соотношениях. Иногда присутствует висмут (около 1,5 %). Растровая электронная микроскопия и микрорентгеноспектральный анализ выполнялись на электронном микроскопе Jeol-6380LV с системой микроанализа INCA Energy 250.

Таблица 1  
Результаты микронзондового анализа  
металлических включений в окремнённых породах

Элемент	Весовой, %	Сигма	Атомный, %
Cl	0,90	0,21	4,98
Pb	96,22	0,78	90,5
Bi	2,88	0,76	2,7

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа металлических включений в окремнённых породах

Pb	Fe	Sb	Sn	Sr	Cl
497,8 KCps	-	2,5 KCps	1,6 KCps	1,1 KCps	2,4 KCps
96,3 %	1,538 %	0,865 %	0,512 %	0,078 %	0,802 %

Рентгенофлуоресцентный анализ показывает более широкий спектр элементов, присутствующих в незначительных количествах (табл. 2). Анализ выполнялся на рентгенофлуоресцентном спектрометре TIGER S8.

### Обсуждение результатов

История изучения кремневых пород на территории Воронежской антеклизы насчитывает более двухсот лет. На начало двадцатого века были установлены все их виды, включающие кремни, опоки, трепелы и их разновидности. Была установлена их тесная связь с карбонатными отложениями верхнего мела и отсутствием стратиграфических перерывов между ними. Все исследователи указывали на приуроченность кремневых пород к верхним горизонтам меловой толщи, на перекрытие их с размывом палеогеновыми и четвертичными образованиями и замещением по разрезу и простиранию карбонатными отложениями [3–8].

На протяжении двадцатого столетия высказывались различные точки зрения на генезис кремневых пород и источники кремнезёма. В работах [9, 10] утверждалось, что природа появления кремневых отложений обязана седиментационным процессам, а источником кремнезёма служили скелетные останки организмов (диатомовые, радиолярии, спикулы губок).

По мнению В. И. Муравьёва [11], генезис кремнистых пород связан с хемогенным выпадением кремнезёма в бассейнах седиментации, поступающим туда в значительных количествах в результате гидротермальной деятельности. При этом, остаётся неясным происхождение достаточных количеств  $\text{SiO}_2$ , для формирования мощных толщ силицитов Воронежской антеклизы, учитывая, что на всей Русской платформе среди мезозойских отложений нет каких либо прямых признаков вулканических и поствулканических проявлений.

По утверждению В. П. Семёнова с соавторами [6, 7], широкое развитие кремнистых образований по карбонатным породам связано с метасоматическим замещением кальцита кремнезёмом в субэвральном условиях. Источником кремнезёма в данном случае служил пелитоморфный кварц мело-мергельных пород, который растворялся нисходящими инфильтрационными водами.

Применяя прецизионные методы исследований, особенно сканирующий электронный микроскоп, авторам работ [12–14] удалось выявить по морфологическим признакам силицитовых минералов три способа образования кремневых пород. Листоваточешуйчатый облик минералов характеризует биоген-

ную природу, сферовидный – метасоматическую, призматический – хемогенную. Источник кремнезёма может быть любым, в зависимости от геологического строения территории.

Необходимо отметить, что рассматриваемые нами кремневые образования в виде «див» часто упоминаются в рекламной печати, исторических и географических научных публикациях. Но, нигде нет (во всяком случае, нам не удалось найти) сведений об их литолого-минералогических особенностях. Пожалуй, только в работе [15] даётся косвенное генетическое обоснование похожих проявлений. Их образование авторы связывают с проходившим в раннем кайнозое активным внедрением глубинного вещества (вулканогенной или гидротермальной природы) в осадочные отложения, в обстановках растяжения земной коры. Упоминаний о наличии самородных металлов в карбонатных мезозойских отложениях на территории Воронежской антеклизы нам не известны.

Рассматривая, в целом, кремневые отложения верхнего мела, всеми исследователями отмечается определённая зональность в их разрезах. Сверху вниз уменьшается количество силицитового материала и увеличивается содержание карбонатной компоненты. Такое распределение вещества явно указывает на гипергенный генезис кремнистых толщ верхнего мела. Исходя из высоких (более 90 %) количеств карбоната кальция и низких  $\text{SiO}_2$ , можно уверенно утверждать, что «дивы» являются реликтами нижних частей, в настоящее время размытой, площадной коры выветривания.

Включения свинца, хлора и других элементов, связано с газоконденсатной кристаллизацией из восходящих глубинных потоков летучих носителей металлов, со значительной углеводородной составляющей. Последняя формировала восстановительную среду, как неперенное условие выпадения самородных металлов.

В исследуемых окремнённых породах хроматографическим анализом обнаружено высокое содержание метана, который создавал восстановительную среду и на этом геохимическом барьере выпадал свинец в самородном состоянии. Флюидные потоки содержат хлор, который придаёт им окислительную обстановку, поэтому во вмещающем кремневые образования меле свинец отсутствует, а наблюдаются сульфиды этого металла.

### Заключение

Рассматривая, в целом, кремневые отложения верхнего мела, отмечается определённая зональность в их разрезах. Сверху вниз уменьшается количество

силицитового материала и увеличивается содержание карбонатной компоненты. Такое распределение вещества явно указывает на гипергенный генезис кремнистых толщ верхнего мела.

Исходя из высоких (более 90 %) количеств карбоната кальция и низких  $\text{SiO}_2$ , можно уверенно утверждать, что «дивы» являются реликтами нижних частей, в настоящее время размытой, площадной коры выветривания.

Что касается включений свинца, хлора и других элементов, связывающих проявления самородных металлов в осадочных отложениях с газоконденсатной кристаллизацией из восходящих глубинных потоков, летучих носителей металлов со значительной водородно-углеродной составляющей. Последняя формировала восстановительную среду, как непрерывное условие выпадения самородных металлов. По данным хроматографического анализа в окремнённой породе содержится повышенное количество метана, по сравнению с вмещающими их меловыми образованиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Литология и фации донеогеновых отложений Воронежской антеклизы / А. Д. Савко [и др.]. – Труды научно-исследовательского института геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 2. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та. 2001. – 201 с.
2. Жабин, А. В. Глинистые минералы осадочного чехла Воронежской антеклизы / А. В. Жабин, А. Д. Савко, В. И. Сиротин. – Труды научно-исследовательского института геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 51. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2008. – 92 с.
3. Бурыкин, В. Н. Основные факторы формирования верхнемеловых карбонатных отложений на юго-востоке ЦЧЭР / В. Н. Бурыкин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 1998. – №6. – С. 43–53.
4. Бурыкин, В. Н. О природе кремнистых образований верхнего мела на юго-востоке Воронежской антеклизы / В. Н. Бурыкин // Литогенез и образование полезных ископаемых фанерозоя Воронежской антеклизы. – Воронеж, 1992. – С. 112–118.
5. Бурыкин, В. Н. Литология и полезные ископаемые верхнемеловых отложений юго-востока Воронежской ан-

теклизы / В. Н. Бурыкин, А. Д. Савко. – Труды научно-исследовательского института геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 16. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2003. – 98 с.

6. Геология кремнистых метасоматитов карбонатных пород верхнего мела КМА / В. П. Семёнов [и др.]. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та. 1980. – 84 с.

7. Семенов, В. П. Кремнистые породы невулканогенных областей и принципы их типизации / В. П. Семенов, П. В. Семенов // Обстановки осадконакопления и их эволюция. – М.: 1984. – С. 141–144.

8. Сеньковский, Ю. Н. Литогенез кремнистых толщ юго-запада СССР / Ю. Н. Сеньковский; Под ред. Л. Г. Ткачук. – Киев: Наук.думка, 1977. – 128 с.

9. Бушинский, Г. И. Литология меловых отложений Днепровско-Донецкой впадины / Г. И. Бушинский // Тр. ин-та геол. наук АН СССР. – Вып. 156. – М.: 1954. – 307 с.

10. Дистанов, У. Г. Особенности кремнеаккумуляции в морских платформенных бассейнах / У. Г. Дистанов // Сырьевая база кремнистых пород СССР. – М.: 1974. – С. 13–17

11. Муравьев, В. И. Минеральные парагенезы глауконитово-кремнистых формаций / В. И. Муравьев. – М.: Наука, 1983. – 208 с.

12. Дмитриев, Д. А. Сантонские отложения правобережья среднего течения реки Дон / Д. А. Дмитриев, А. Д. Савко, А. В. Жабин. – Труды научно-исследовательского института геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 21. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2004. – 104 с.

13. Жабин, А. В. Аутигенное минералообразование в палеогеновых и верхнемеловых отложениях Воронежской антеклизы / А. В. Жабин, Д. А. Дмитриев // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2002. – №1. – С. 84–94.

14. Раннекайнозойское осадконакопление на древних и молодых платформах центральной части Евразии в обстановках растяжения земной коры и пенепленизации рельефа. Статья 2. Накопление силицитов и гидротермальная деятельность / Ю. Г. Цеховский [и др.] // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Геол. – 1996. – Т. 71. – Вып. 3. – С. 31–42.

15. Савко, А. Д. Эксгальационно-осадочная металлоносность Воронежской антеклизы – новые горизонты поисков рудных месторождений в осадочном чехле. Статья 1. Интерметаллиды: локализация, типы, состав / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырёв, В. В. Лоскутов // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 1999. – №7. – С. 139–135.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Жабин Александр Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры общей геологии и геодинамики

E-mail: zhabin01@gmail.com

Тел.: +7 (473) 220 85 88

Дмитриев Дмитрий Анатольевич, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры исторической геологии и палеонтологии.

E-mail: dmitgeol@yandex.ru

Тел.: +7 (473) 220 86 34

Voronezh State University

Zhabin A. V., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate professor of the General Geology and Geodynamics Department

E-mail: E-mail: zhabin01@gmail.com

Тел.: +7 (473) 220 85 88

Dmitriev D. A., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate professor of the Historical Geology and Paleontology Department

E-mail: dmitgeol@yandex.ru

Тел.: +7 (473) 220 86 34