

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ В ЖИВЕТСКИХ И НИЖНЕФРАНСКИХ ОБРАЗОВАНИЯХ ЮГО-ВОСТОКА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

А. В. Милаш

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 10 мая 2017 г.

Аннотация: показано, что для всех рассмотренных глин минеральный состав близок – это каолинит и иллит, в незначительных количествах присутствуют монтмориллонит и хлорит. На основании различий в содержаниях основных глинистых минералов выделены три ассоциации: мономинеральная каолинитовая, иллит-каолинитовая и каолинит-иллитовая. На схемах распределения ассоциаций глинистых минералов показано, что изменение их состава происходило с юго-запада на северо-восток по направлению от источников сноса. При этом в глинах уменьшалось содержание каолинита, а иллит становился преобладающим минералом.

Ключевые слова: каолинит, иллит, монтмориллонит, хлорит, ассоциации глинистых минералов, девон, Воронежская антеклиза.

MINERAL COMPOSITION AND DISTRIBUTION OF CLAY MINERALS IN GIVETIAN AND LOWER FRASNIAN SEDIMENTS OF THE SOUTH-EAST OF THE VORONEZH ANTECLINE

Abstract: it is shown that for all considered clays the mineral structure is close - it is kaolinite and illite with the accompanying montmorillonite and chlorite. On the basis of distinction in contents of the main clay minerals three associations are allocated: monomineral kaolinie, illit-kaolinite and kaolinite-illite. Schemes of distribution of associations of clay minerals show that changes in their composition occurred from south-west to north-east in the direction from sources of demolition. In this case, clay content decreased kaolinite, and illite became the prevailing mineral.

Keywords: kaolinite, illite, montmorillonite, chlorite, clay minerals association, Devonian, Voronezh antecline.

Отложения живетского яруса и нижнефранского подъяруса девонской системы на юго-востоке Воронежской антеклизы представлены породами воробьевского, ардаатовского, муллинского, ястребовского и чаплыгинского горизонтов [1]. Глины в рассматриваемых образованиях развиты довольно широко, составляя свыше 50 % от общего объема пород в разрезе. Глинистая составляющая резко преобладает в породах воробьевского, ардаатовского и чаплыгинского возраста.

Глины живета и нижнего франна изучали ряд исследователей [2–5], но появившиеся новые фактические данные, возможности использования различных видов прецизионных анализов, в том числе микрозондового анализа и электронно-микроскопических исследований, позволили выделить ассоциации глинистых минералов в исследуемых отложениях и увязать их с фациями.

В результате проведенных рентгеноструктурных исследований установлено, что главными минералами глин являются **каолинит** с основными рефлексами 7,18; 4,31; 3,56; 2,552; 2,492; 1,484 Å [6] и **иллит**, определяемый по отражениям с $d=10,0$; 4,99; 3,32 Å

[7]. Наличие на дифрактограммах хорошо выраженных рефлексов hkl каолинита свидетельствует о крупности (в пределах 0,001 мм) чешуек и достаточно хорошей степени совершенства кристаллической структуры минерала. Каолинит устойчив к воздействию кислот, однако разрушается при прокаливании. Иллит также устойчив к воздействию кислот, но сохраняет свою структуру до 800° С и выше.

Сопутствующими минералами глин являются **монтмориллонит**, **хлорит** и **кварц**. Для **монтмориллонита** основным диагностическим рефлексом является 001, остальные базальные рефлексы выражены слабее. Положение основного рефлекса непостоянно и определяется типом обменных катионов. Если обменным катионом является Na, с которым связан один молекулярный слой межслоевой воды, то межплоскостное расстояние первого базального рефлекса равно 12,4 Å, если Mg – 14,3 Å, если Ca – 15,4 Å. Для диагностики решающим является смещение рефлекса 001 до 18,4 Å при насыщении образцов глицерином и сжатии решетки до 10,0 Å при нагревании до 500–600° С за счет утраты межслоевой воды. **Хлориты**

определяются по базальным рефлексам 001, 002 и 003 (14,0–14,3; 7,0–7,1; 4,7 Å), не меняющих своих значений при насыщении препарата глицерином. **Кварц** диагностируется по главным отражениям 4,26; 3,343 Å.

Характеристика минерального состава глин

Изучение живецких и нижнефранских пород прецизионными методами позволило выделить три ассоциации глинистых минералов: практически мономинеральная каолинитовая, иллит-каолинитовая и каолинит-иллитовая.

Первая ассоциация (I) связана с алевритово-глинистыми отложениями прибрежных и застойных участков лагун и в меньшей степени с прибрежно-морскими отложениями. Она является практически **мономинеральной каолинитовой**, поскольку на дифрактограммах (рис. 1 А, Б) наблюдаются интенсив-

ные рефлексы каолинита и очень слабые иллита 10,0, 4,99, 3,33 Å. Повышенное значение последнего рефлекса связано с примесью кварца, основной рефлекс которого совпадает с отражением 003 иллита. Наличие рефлексов типа *hkl* 4,44 и 4,31 Å (см. рис. 1 Б) у каолинита может свидетельствовать об относительно высокой степени совершенства его кристаллической структуры [8].

На электронно-микроскопических снимках каолинит представлен таблитчатыми формами и бочонковидными кристаллитами (рис. 2). Вероятно, первые в КВ образовались по слюдам, наследуя их морфологию, вторые - по полевым шпатам и амфиболам при их разрушении появлении новообразований в результате синтеза. При размыве коры выветривания (КВ) происходило разрушение и разуплотнение кристаллитов [9].

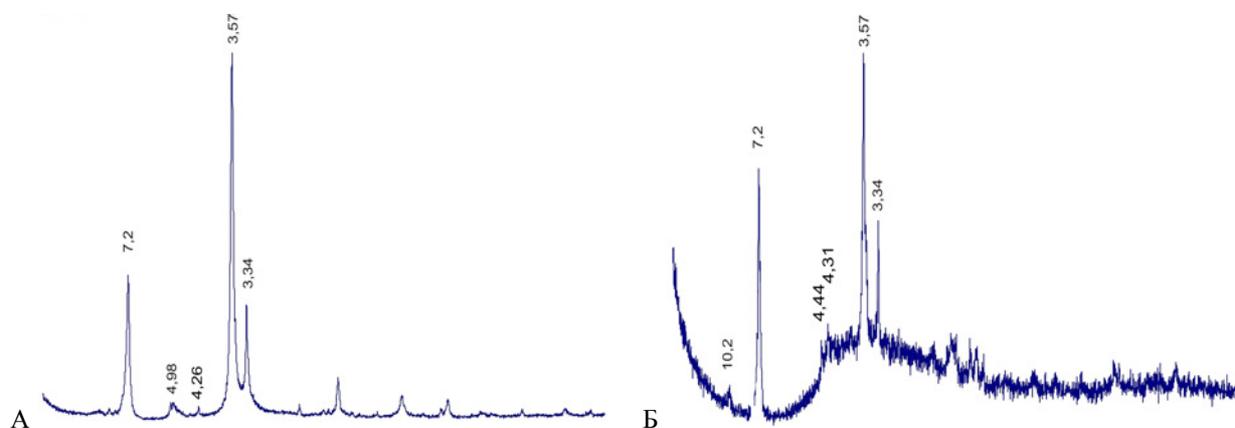


Рис. 1. Дифрактограммы глин первой ассоциации. А – обр. 29, Скв. 92/121; Б – обр. 25, Скв. 92/46.

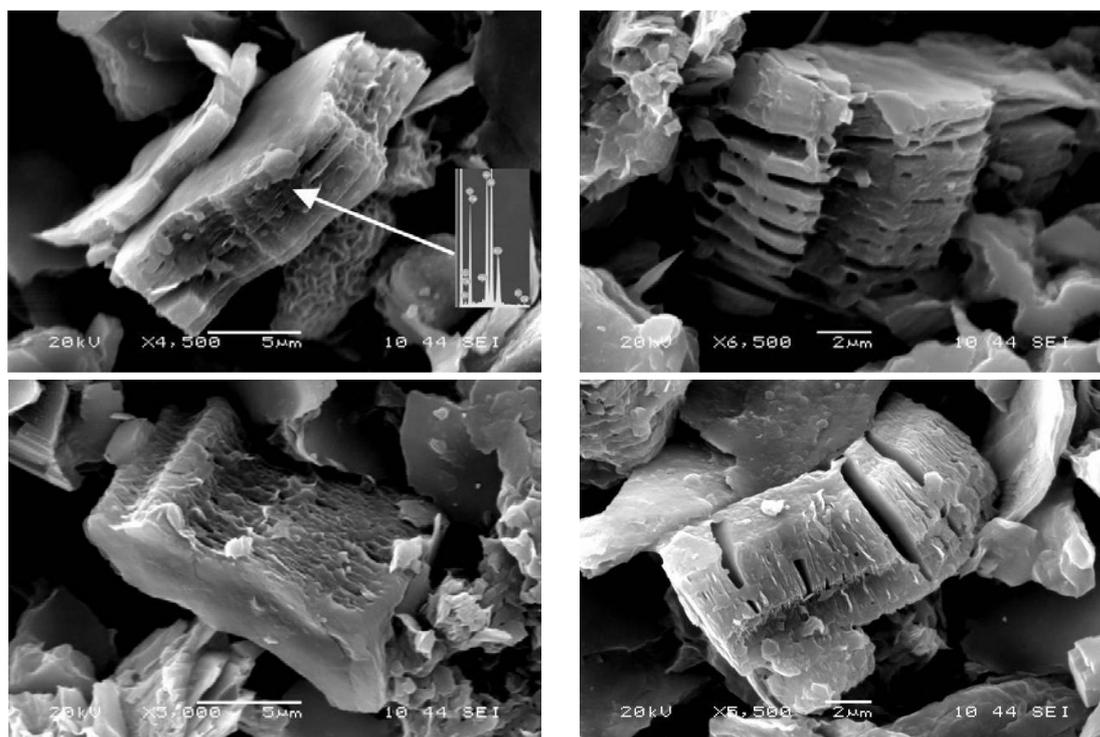


Рис. 2. Электронно-микроскопические снимки глин первой ассоциации. Карьер «Тихий Дон», ардатовская свита.

Кристаллическая структура каолинита этой ассоциации обладает высокой степенью совершенства в тех случаях, когда, он, сформировавшийся в корах выветривания по породам кристаллического фундамента, не испытывал длительной транспортировки и отлагался в лагунах. Здесь благодаря высокому содержанию органического вещества, создавались условия, благоприятные сохранению кристаллической структуры каолинита. Неоднократный переувлажнение отложений приводил к измельчению кристаллитов минералов.

Глины этой ассоциации были изучены методом микрозондового анализа (табл. 1). В точке 1 (рис. 2, верхний-левый снимок) химический состав близок к таковому для каолинита. Для него характерно высокие содержания кремнезема и глинозема, низкое – щелочей и щелочноземельных элементов (К, Mg), связанных с исходной слюдой, представленной, по-видимому биотитом. В то же время отмечаются заметные количества элементов-гидролизатов (Ti, Fe), характерных для КВ, при размыве которых поставлялось глинистое вещество в бассейны седиментации.

Вторая ассоциация (II) – иллит-каолинитовая

характеризуется преобладанием каолинита над иллитом с резко подчиненным количеством монтмориллонита и хлорита (рис. 3). Она приурочена к прибрежно-морским, реже – к мелководно-морским отложениям. На дифрактограммах преобладают основные рефлексы каолинита (7.2, 3.57, 2.38 Å). Вместе с тем присутствуют отражения иллита, кварца, кальцита. Повышенные значения 001 первого (10.27 Å) могут свидетельствовать о примеси пакетов монтмориллонита в кристаллической структуре иллита. Примесь кварца (отражения 4.26, 3.34) значительна. Наличие основного рефлекса кальцита 3.03 Å небольшой интенсивности свидетельствует о присутствии известковой примеси, представленной тонким детритом раковин беспозвоночных.

Под электронным микроскопом видно, что глины данной ассоциации представлены таблитчатыми кристаллами каолинита с выщербленными краями (рис. 4) и тонкими, часто изогнутыми чешуйками иллита. Каолинит резко преобладает, иногда отмечаются его гексагональные грани и бочонковидные кристаллиты.

Таблица 1
Результаты микрозондового анализа глин первой ассоциации, аналитик С. М. Пилугин

Элемент	Усл. конц.	Интенсивность попр.	Весовой %	Весовой % Сигма	Атомный %	Соед. %	Формула	Число ионов
Na K	0,09	0,8595	0,28	0,14	0,25	0,38	Na ₂ O	0,03
Mg K	0,20	0,9595	0,55	0,11	0,46	0,91	MgO	0,06
Al K	6,90	0,9394	19,27	0,23	14,77	36,40	Al ₂ O ₃	1,87
Si K	7,66	0,7622	26,34	0,27	19,40	56,34	SiO ₂	2,45
Cl K	0,00	0,6764	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
K K	0,14	0,9878	0,37	0,08	0,19	0,44	K ₂ O	0,02
Ca K	0,12	0,9222	0,35	0,09	0,18	0,49	CaO	0,02
Ti K	0,00	0,8131	0,00	0,00	0,00	0,00	TiO ₂	0,00
Cr K	0,00	0,8336	0,00	0,00	0,00	0,00	Cr ₂ O ₃	0,00
Mn K	0,08	0,8132	0,26	0,13	0,10	0,34	MnO	0,01
Fe K	1,28	0,9168	3,66	0,21	1,36	4,71	FeO	0,17
O			48,94	0,33	63,28			8,00
Итоги			100,00					

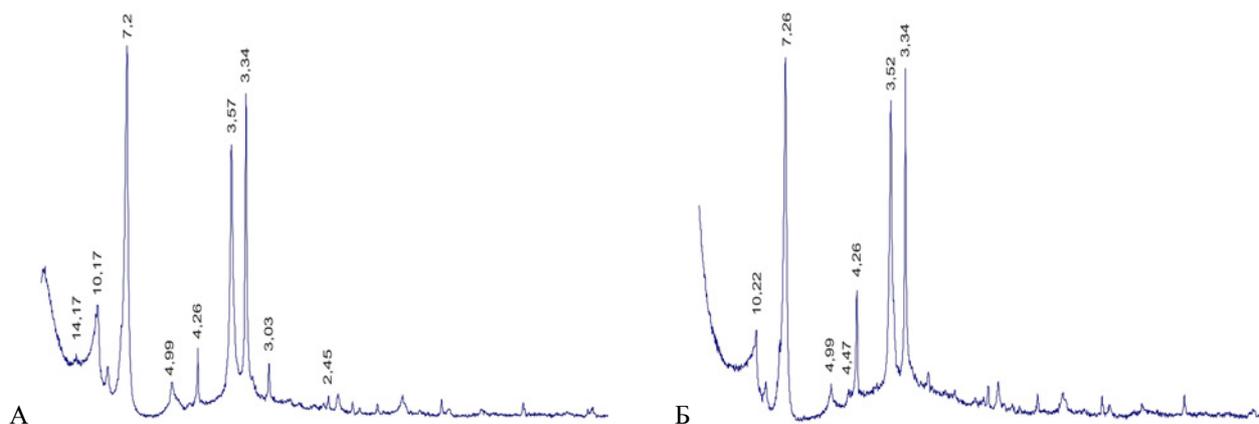


Рис. 3. Дифрактограммы глин второй ассоциации: А – обр. 57, Скв. 443с; Б – обр. 17, Шкурлатовский карьер.

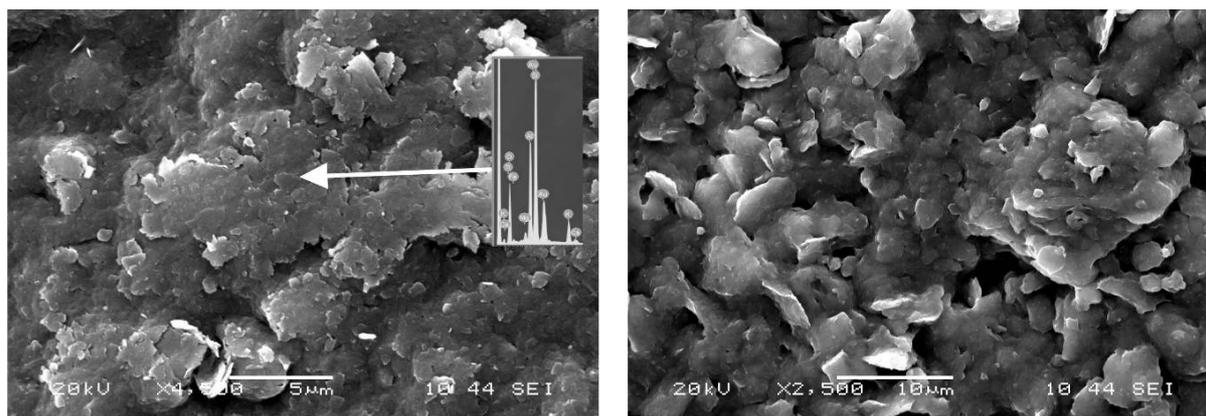


Рис. 4. Электронно-микроскопические снимки глин второй ассоциации. Скв. 44бс, воробьевская свита.

Таблица 2

Результаты микрозондового анализа глин второй ассоциации. Аналитик С. М. Пилюгин

Элемент	Усл. конц.	Интенсивность попр.	Весовой %	Весовой % Сигма	Атомный %	Соед. %	Формула
Na K	0,11	0,8179	0,34	0,13	0,31	0,46	Na ₂ O
Mg K	0,38	0,9213	1,06	0,11	0,93	1,75	MgO
Al K	4,76	0,9061	13,31	0,20	10,52	25,15	Al ₂ O ₃
Si K	8,66	0,8045	27,21	0,26	20,67	58,20	SiO ₂
P K	0,00	0,6591	0,00	0,00	0,00	0,00	P ₂ O ₅
Cl K	0,05	0,6926	0,17	0,09	0,10	0,00	
K K	1,83	1,0026	4,61	0,13	2,51	5,55	K ₂ O
Ca K	0,18	0,9144	0,51	0,09	0,27	0,71	CaO
Ti K	0,18	0,8107	0,57	0,11	0,25	0,94	TiO ₂
Cr K	0,00	0,8354	0,00	0,00	0,00	0,00	Cr ₂ O ₃
Mn K	0,00	0,8135	0,00	0,00	0,00	0,00	MnO
Fe K	1,99	0,9184	5,49	0,23	2,10	7,07	FeO
O			46,74	0,33	62,33		
Итоги			100,00				

Часто глинистые минералы образуют смешанные агрегаты и только по микрозондовым анализам можно в какой-то мере судить о содержании каолинита и иллита в породе. Из таблицы 2 видно, что в глинистом агрегате соотношение Si и Al близко к таковому в иллите, повышены содержания калия, обычные для последнего, и железа, часто сорбируемое глинистыми частицами. Увеличение количества кремнезема связано с заметной примесью кварца, четко фиксируемого на дифрактограммах, а также на электронно-микроскопических снимках в виде мелких неправильной формы зерен.

Третья ассоциация (III) – каолинит-иллитовая, обычная в основном для глинистых отложений мелководно-морских фаций, характеризуется преобладанием иллита над каолинитом. Различия в их содержаниях колеблются от 10–15 % до 50 %. Так на дифрактограммах глин (рис. 5.) рефлексы 001 каолинита и иллита имеют почти равные площади, а это означает, что содержание второго вдвое больше, чем первого [8]. Следует отметить отсутствие рефлексов типа hkl у каолинита, что свидетельствует о разупорядоченной кристаллической структуре минерала, возникающей при дроблении и измельчении его частиц. Отмечают-

ся незначительные количества хлорита и монтмориллонита. Небольшие колебания значений рефлексов 001 иллита от 10.02 до 10.17 Å может означать отсутствие в его кристаллической структуре пакетов монтмориллонита в первом случае до небольшого количества последнего во втором. Из неглинистых минералов всегда присутствует кварц, устанавливаемый по довольно интенсивным его рефлексам 4.26 и 3.34 Å.

На электронно-микроскопических снимках (рис. 6) видны агрегаты, состоящие из частиц, имеющих четкие контуры, и среди которых невозможно отличить иллит и каолинит. По данным микрозондирования (табл. 3) усредненный состав глинистой массы одного из агрегатов отличается высоким содержанием кремния при повышенных количествах алюминия, что отвечает каолинит-иллитовому составу глин, точно фиксируемому на дифрактограммах. Это подтверждается и высокими содержаниями калия. Зондирование других участков, в общем, подтверждает сказанное (рис. 7, табл. 4). Исключение составляет точка 5, где содержание кремния выше 60 %. Самые высокие содержания этого элемента в точке 3 рис. 8, табл. 5. Также отмечаются редкие акцессорные минералы.

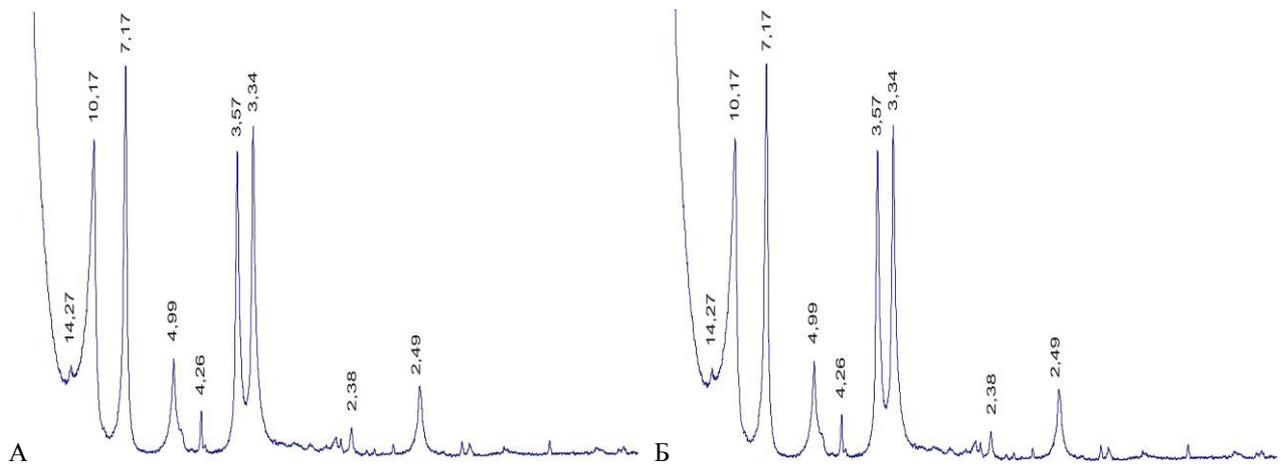


Рис. 5. Дифрактограммы глин третьей ассоциации: А – обр. 48, Скв. 443с; Б – обр. 31, Скв. 446с.

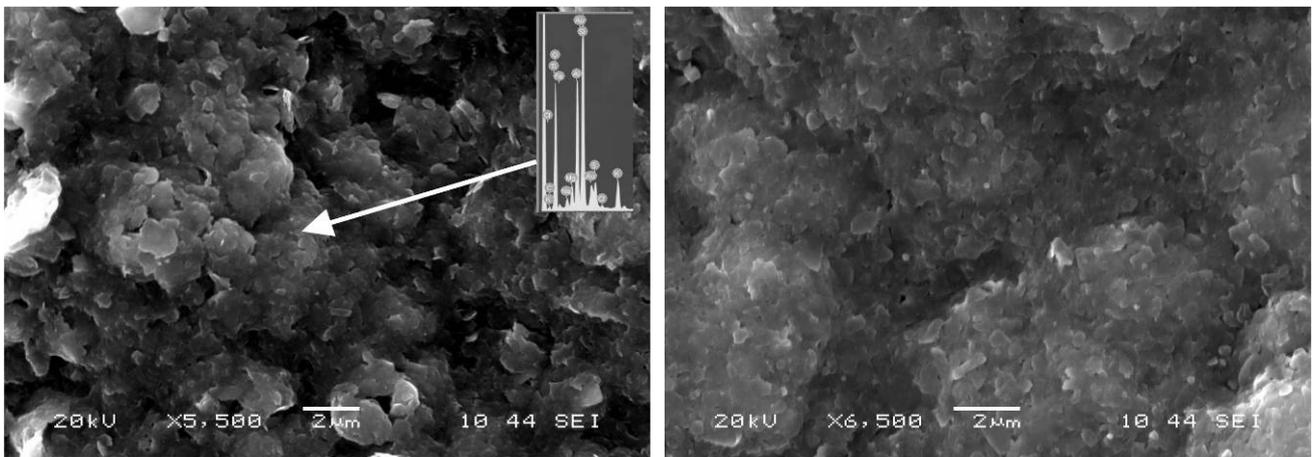


Рис. 6. Электронно-микроскопические снимки глин третьей ассоциации. Скв. 443с, чапыгинская свита.

Таблица 3

Результаты микрозондового анализа глин третьей ассоциации. Аналитик С. М. Пилюгин

Элемент	Усл. конц.	Интенсивность попр.	Весовой %	Весовой % сигма	Атомный %	Соед. %	Формула	Число ионов
Na K	0,64	0,8323	1,80	0,15	1,68	2,43	Na ₂ O	0,22
Mg K	1,01	0,9091	2,61	0,13	2,30	4,33	MgO	0,30
Al K	5,38	0,8739	14,45	0,20	11,45	27,30	Al ₂ O ₃	1,50
Si K	7,93	0,7752	23,98	0,24	18,26	51,29	SiO ₂	2,39
P K	0,00	0,6645	0,00	0,00	0,00	0,00	P ₂ O ₅	0,00
Cl K	0,14	0,6967	0,48	0,09	0,29	0,00		0,04
K K	2,10	1,0048	4,89	0,13	2,68	5,90	K ₂ O	0,35
Ca K	0,07	0,9151	0,17	0,08	0,09	0,24	CaO	0,01
Ti K	0,22	0,8125	0,63	0,11	0,28	1,05	TiO ₂	0,04
Cr K	0,00	0,8369	0,00	0,00	0,00	0,00	Cr ₂ O ₃	0,00
Mn K	0,00	0,8149	0,00	0,00	0,00	0,00	MnO	0,00
Fe K	2,13	0,9200	5,43	0,21	2,08	6,99	FeO	0,27
O			45,56	0,32	60,90			7,96
Итоги			100,00					

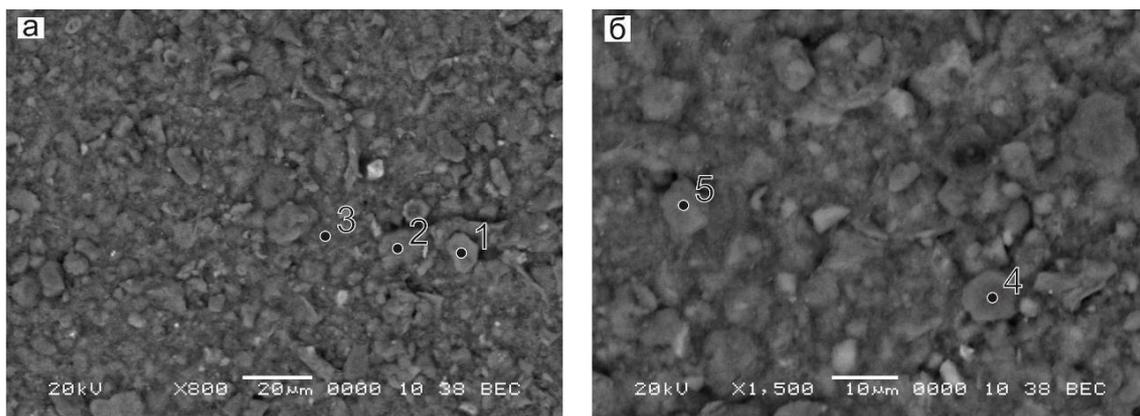


Рис. 7. Электронно-микроскопические снимки глин третьей ассоциации: а – обр. 33 (скв. 350 а); б – обр. 34 (скв. 350 а).

Таблица 4
Результаты микрондового анализа глин третьей ассоциации. Аналитик Н. С. Базиков

Формула	Соед. % точка 1	Соед. % точка 2	Соед. % точка 3	Соед. % точка 4	Соед. % точка 5
Na ₂ O	0,88	0,54	0,70	0,70	4,93
MgO	3,26	1,91	0,97	0,97	2,28
Al ₂ O ₃	17,16	24,11	10,92	15,92	11,84
SiO ₂	40,31	49,11	35,57	35,57	61,26
K ₂ O	5,12	4,72	7,95	2,95	1,58
CaO	1,58	1,29	7,69	7,69	3,84
TiO ₂	0,35	0,60	0,83	0,83	2,70
Cr ₂ O ₃	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00
MnO	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	12,51	7,24	6,11	6,11	3,34

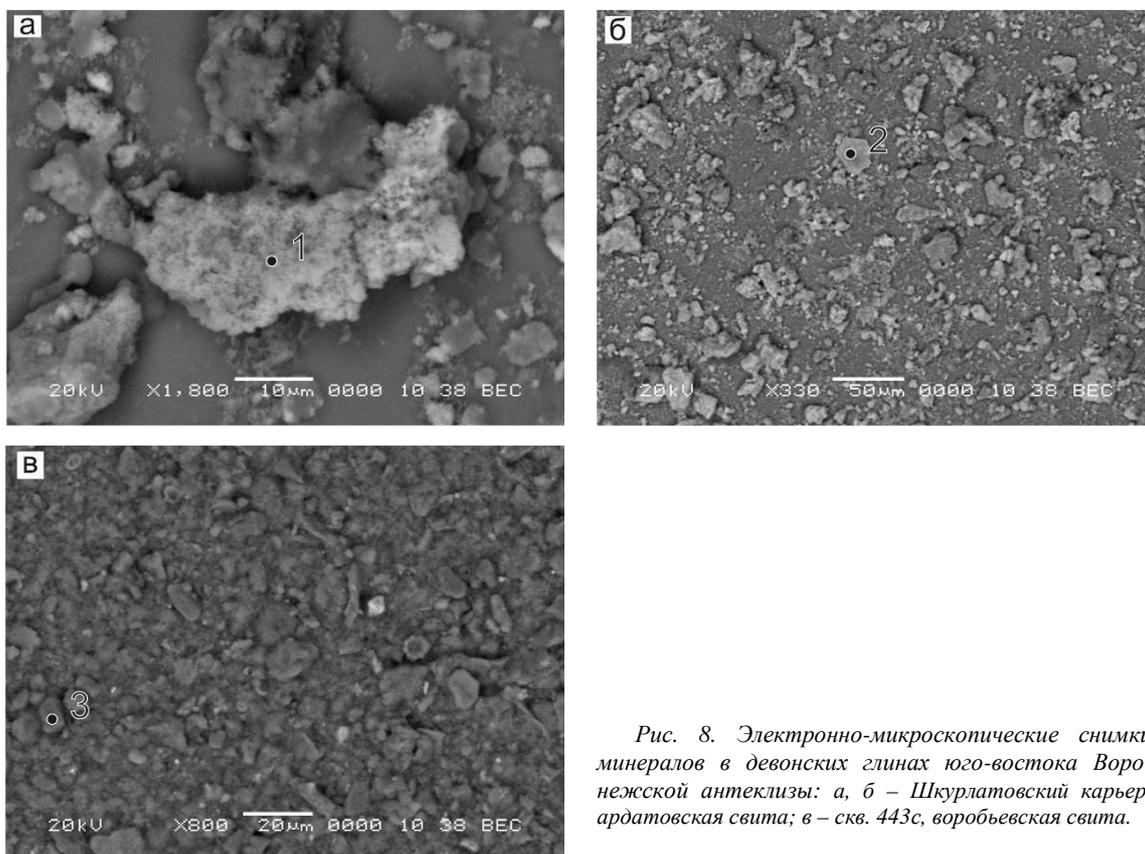


Рис. 8. Электронно-микроскопические снимки минералов в девонских глинах юго-востока Воронежской антеклизы: а, б – Шкурлатовский карьер, ардатовская свита; в – скв. 443с, воробьевская свита.

Результаты микрозондового анализа сопутствующих минералов в девонских глинах. Аналитик Н. С. Базиков

Формула	Соед. % точка 1	Соед. % точка 2	Соед. % точка 3	Формула	Соед. % точка 1	Соед. % точка 2	Соед. % точка 3
Na ₂ O	4,17	1,22	0,51	CaO	0,44	2,37	0,27
MgO	3,79	0,70	0,52	TiO ₂	1,33	50,97	0,00
Al ₂ O ₃	5,16	5,68	4,85	Cr ₂ O ₃	0,66	0,33	0,00
SiO ₂	3,53	20,36	76,67	MnO	1,62	0,00	0,00
K ₂ O	0,81	0,44	0,90	FeO	51,77	6,07	0,87

Распределение глинистых минералов

Полученные новые результаты по изучению глин в живецких и раннефранских отложениях юго-востока Воронежской антеклизы с привлечением некоторых данных предыдущих исследователей [2–5] позволили выявить особенности распределения глинистых минералов по разрезу и площади в рассматриваемых образованиях.

Воробьевские отложения. Глины в них состоят из каолинита и иллита. Содержание первого у границ выклинивания этих отложений достигает 70 и более процентов, а в направлении на северо-восток падает до 50 %. Также отмечается увеличение содержания каолинита вплоть до 90 % в районе г. Боброва. В незначительных количествах отмечаются хлорит, а южнее г. Павловска в глинах наблюдаются повышен-

ные содержания монтмориллонита [4]. Вверх по разрезу количества иллита возрастает, а каолинита соответственно снижается (рис. 9). Это связано со строением КВ в области сноса (рис. 10).

Происходили размыв и переотложение сначала верхних каолинитовых частей КВ, а затем нижних – гидрослюдистых. Такое изменение по разрезу глинистых минералов характерно для прибрежно-морских глин (вторая ассоциация), так как на них особенно сильное влияние оказывал снос с континента. В мелководно-морских отложениях (третья ассоциация) данный тренд сохраняется, но проявлен менее ярко. Разница в содержаниях каолинита и иллита в основании и вверху разреза воробьевских отложений минимальна.

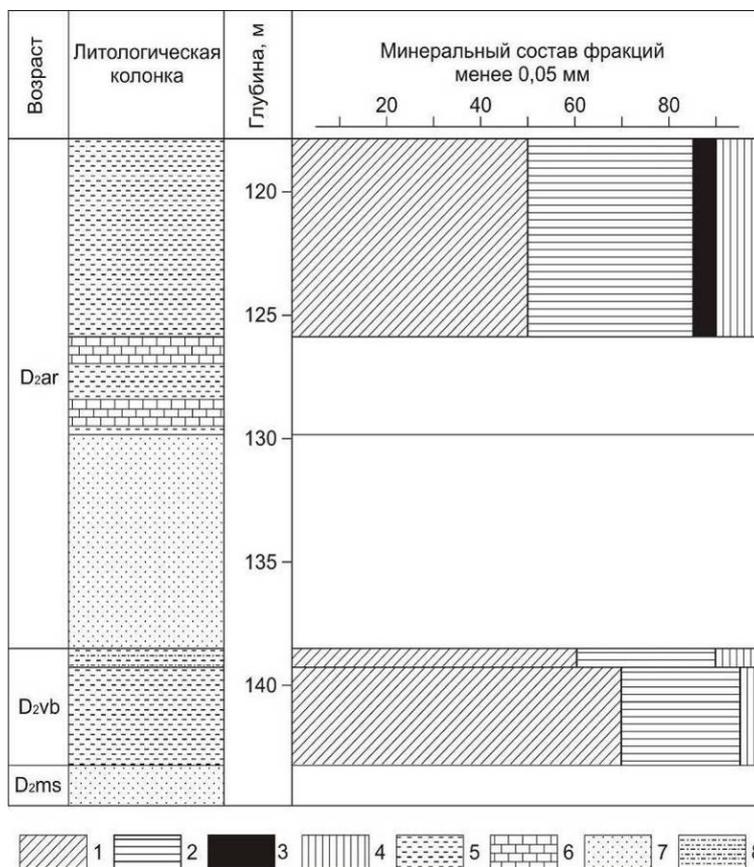


Рис. 9. Диаграмма минерального состава глин скважины № 446б: 1 – каолинит, 2 – иллит, 3 – хлорит, 4 – кварц, 5 – глина, 6 – известняк, 7 – песчаник, 8 – алеврит.

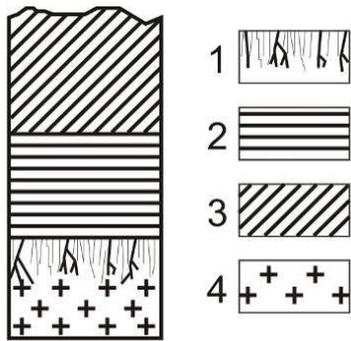


Рис. 10. Профиль коры выветривания: 1-3 – зоны профиля выветривания: 1 – дресвянистая, 2 – иллитовая, 3 – каолинистая, 4 – гранит.

Каолинит имеет довольно высокую степень совершенства кристаллической структуры, устанавливаемую по частичному разрешению дуплета отражений III и III [2]. Источником сноса для воробьевских отложений был Воронежский массив кристаллических пород с развитыми на них КВ.

Состав глинистых минералов отвечает второй и третьей ассоциациям (рис. 11). Граница между меж-

ду ними соответствует фациальной границе между прибрежно-морскими и мелководно-морскими отложениями.

Ардатовское время. Особенностью ардатовских глин является повышенное содержание каолинита на большей части площади их распространения – около 60 %, а у границ выклинивания оно может достигать и 100 %. Локальные максимумы содержания каолинита наблюдаются не только в районе г. Боброва (до 90 %), как в воробьевское время, но и в районе г. Калача (до 100 %). В подчиненных количествах отмечается иллит [2] и в очень незначительных – хлорит и монтмориллонит.

Распределение глинистых минералов по разрезу наследуется с воробьевского времени – в основании преобладает каолинит, сменяемый вверх по разрезу иллитом (рис. 12). На удалении от области сноса содержания каолинита и иллита практически равны, далее начинает преобладать иллит. Состав глинистых минералов исследованных образцов отвечает второй, реже первой, иногда третьей ассоциациям (рис. 13).

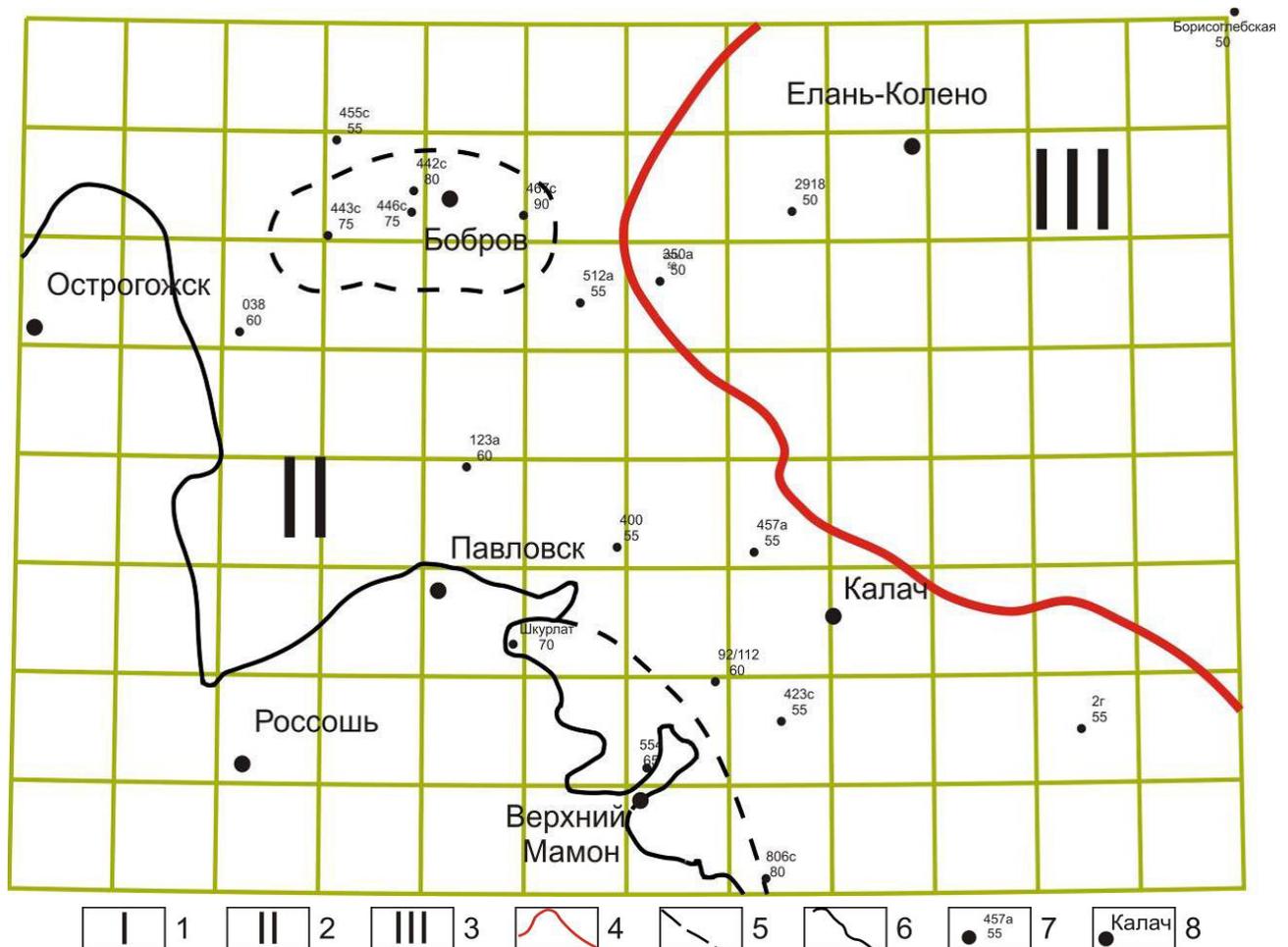


Рис. 11. Схема распределения ассоциаций глинистых минералов в воробьевское время: 1-3 – ассоциации глинистых минералов: 1 – мономинеральный каолиновый; 2 – иллит-каолиновый; 3 – каолиновый-иллитовый; 4 – граница ассоциаций глинистых минералов; 5 – граница области повышенного содержания каолинита; 6 – граница распространения отложений; 7 – скважины (в числителе номер скважины, в знаменателе – содержание каолинита в %); 8 – населенные пункты.

Затем к кровле количество каолинита падает, где иллит уже преобладает над каолинитом. Эта особенность прослеживается в прибрежных фациях, а в мелководно-морских различия в содержаниях основных минералов незначительны. Такое распределение глинистых минералов объясняется тем, что в начале ястребовского времени размывались верхи живецких отложений, в которых преобладал иллит, затем верхней части каолиновой КВ, и, наконец, нижней её части – иллитовой.

Источником сноса в ястребовское время был Воронежский массив с КВ на кристаллических и осадочных породах, а содержания каолинита в глинах являлись наивысшими для девонского времени. В породах этого возраста, наблюдаемых в Шкурлатовском карьере, минерал встречается не только в пелитовой фракции, но и в виде различных по форме и размерам, включений [5].

Состав глинистых минералов исследованных образцов отвечает, в основном, второму, иногда первому и третьему комплексам (рис. 14). Границы данных комплексов пространственно связаны с фаціальными границами между лагунными, прибрежно-морскими и мелководно-морскими отложениями.

Чаплыгинское время. Глины чаплыгинского горизонта сложены в основном каолинитом и иллитом. В незначительных количествах отмечается хлорит и монмориллонит. На большей части площади содержание первого колеблется в пределах 50–60 %. Только в узкой полосе, примыкающей к границе распространения на юге, его количество увеличивается до 90 %. На северо-востоке территории содержание каолинита падает до 40 %. Если проследить распределение глинистых минералов по разрезу, то можно наблюдать, что в его основании преобладает каолинит, а сверху – иллит.

Состав глинистых минералов отвечает второму и третьему комплексам (рис. 15). Второй комплекс пространственно связан с лагунными фациями, а третий – с прибрежно-морскими [10].

Если проследить распределение глинистых минералов по разрезу (рис. 12), то можно видеть, что внизу содержание каолинита и иллита являются практически равными с небольшим преобладанием каолинита, а сверху начинает явно преобладать каолинит. Это скорее всего связано с тем, что в конце чаплыгинского времени продолжилась трансгрессия, и море затопило новые площади континента с последующим его размывом.

Заключение

Таким образом, для всех рассмотренных глин минеральный состав близок. Он во многом обусловлен поступлением каолинита и иллита из кор выветривания на породах кристаллического фундамента в ис-

точниках сноса. В глинах характерно присутствие в основном первой и второй ассоциации глинистых минералов, а третья, каолинит-иллитовая, встречается только на крайнем северо-востоке, а в чаплыгинское время также и на крайнем северо-западе исследуемой территории. В морских обстановках по мере удаления от источников сноса происходит диспергация и нарушение кристаллической структуры каолинита, в то время как иллит остается относительно устойчивым минералом. При появлении вулканического материала в осадках возникают хлорит, в известковистых разностях глин – монмориллонит.

Изменение состава глинистых минералов происходило с юго-запада на северо-восток, в связи с удалением от источников сноса. В этом направлении уменьшалось количество каолинита и иллит становился преобладающим минералом. Поскольку большая часть исследуемых отложений относится к лагунным и прибрежно-морским фациям, то в них и сосредоточены скопления каолинита, доставленного из додевонских КВ кристаллического фундамента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савко, А. Д. Геология Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, // Труды НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 12. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. – 2002. – 165 с.
2. Савко, А. Д. Глинистые породы верхнего протерозоя и фанерозоя Воронежской антеклизы // А. Д. Савко – Воронеж, 1988. – 192 с.
3. Савко, А. Д. Глинистые породы и связанные с ними полезные ископаемые в палеозойских и мезокайнозойских отложениях Воронежской антеклизы. Статья 1. Глинистые породы палеозоя. / А. Д. Савко // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: Геология. — Воронеж, 2013. — № 2. — С. 86–94.
4. Жабин, А. В. Глинистые минералы осадочного чехла Воронежской антеклизы / А. В. Жабин, А. Д. Савко, В. И. Сиротин // Труды НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та – Вып. 51. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. – 2008. – 92 с.
5. Жабин, А. В. Эволюция ассоциаций глинистых минералов в фанерозойских отложениях воронежской антеклизы / А. В. Жабин // Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук – Воронеж, 2007. – 23 с.
6. Бортников, Н. С. Структурно-морфологические особенности каолинита различных стадий литогенеза глинистых пород (на примере Воронежской антеклизы) / Н. С. Бортников, В. М. Новиков, А. Д. Савко, Н. М. Боева, Е. А. Жегалло, Е. Б. Бушуева, А. В. Крайнов, Д. А. Дмитриев // Литология и полезные ископаемые. – 2013. – № 5. – С. 426–440.
7. Михеев, В. И. Рентгенометрический определитель минералов / В. И. Михеев. – М., 1957. – 868 с.
8. Котельников, Д. Д. Глинистые минералы осадочных пород / Д. Д. Котельников, А. И. Конохов. – М., 1986 г. – 247 с.
9. Савко, А. Д. Коры выветривания в геологической истории Восточно-Европейской платформы / А. Д. Савко, А. Д. Додатко – Воронеж, 1991. – 232 с.
10. Савко, А. Д. Объяснительная записка к Атласу фаціальных карт Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, С. В. Мануковский, А.И. Мизин и др. - Труды НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та – Вып. 20. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. – 2004. – 107 с.

Воронежский государственный университет
Милаш Алексей Васильевич, ведущий инженер
НИИ Геологии ВГУ
E-mail: pirit86@ya.ru; Тел.: 8-903-030-51-47

Voronezh State University
Milash A. V., the engineer of Geology Scientific Research
institute of the VSU
E-mail: pirit86@ya.ru; Тел.: 8-903-030-51-47