

УДК 622.839.43

**А.В. Краснова<sup>1</sup>, Ю.В. Ростовцева<sup>2</sup>****БОКСИТОВЫЕ ПОРОДЫ-КОЛЛЕКТОРЫ ЗОНЫ КОНТАКТА ПАЛЕОЗОЙСКИХ И МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ***ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские Горы, 1**Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskiye Gory, 1*

Рассмотрены бокситовые породы доюрского комплекса Урмано-Арчинской нефтегазоносной зоны Западно-Сибирской плиты, сформированные в основном за счет пролювиально-делювиально-аллювиального смыва продуктов коры выветривания в карстовые полости. Источником сноса могли служить магматические породы среднего состава и глинистые толщи, вскрытые скважинами на северо-востоке от изучаемой территории в эрозионно-тектонических выступах фундамента. Глиноземистый состав и коллекторские свойства бокситовых пород обусловлены фильтрацией нагретых растворов на стадии катагенеза.

*Ключевые слова:* кора выветривания, бокситовые породы, доюрский комплекс, Урмано-Арчинская площадь, Западная Сибирь.

Bauxite rocks of the pre-Jurassic complex of the Urmano- Archinskaya area of the West Siberian Plate are considered, which were formed mainly due to proluvial-deluvial-alluvial re-deposition of weathering products into karst traps. The parent rocks could be volcanic rock of intermediate composition and clay deposits, drilled by wells into erosion-tectonic uplift of the basement to the north-east of the study area. The reservoir properties and alumina enrichment of study sediments are due to the leaching by hydrothermal solutions of bauxite rocks during deep-burial diagenesis.

*Key words:* surface weathering, bauxite, Pre-Jurassic complex, Urmano-Archinskaya area, Western Siberia.

**Введение.** Изучение пород-коллекторов в зоне контакта палеозойских и мезозойских отложений (НГГЗК) Западно-Сибирской плиты уже несколько десятилетий привлекает внимание исследователей в связи с постепенным истощением запасов традиционных месторождений углеводородов в осадочном чехле. Особый интерес вызывает изучение продуктов древней коры выветривания, развитой в кровле доюрского основания. Среди этих гипергенных образований выделяются высокопористые бокситовые породы, в которых установлены признаки нефтегазоносности [Курбала, 1990; Главнова и др., 2015]. Генезис, источник вещества и стадийность вторичных преобразований подобных глиноземистых образований до сих пор остаются во многом дискуссионными [Главнова и др., 2015]. Присутствие пород этого типа выявлено в пределах Урмано-Арчинской разведочной площади (Томская область), которая расположена в центральной части Нюрольской структурно-фациальной зоны Западно-Сибирской плиты. Рассмотрим результаты изучения бокситоподобных образований, вскрытых одной из скважин в этой нефтегазоносной зоне.

**Объект и методы исследования.** В Нюрольской мегаплатине, включающей Урмано-Арчинскую нефтегазоносную зону, к поверхности доюрского комплекса выходят дислоцированные, складчатые карбонатные и терригенные толщи, имеющие возраст от раннего девона до позднего карбона (рис. 1). Они частично перекрыты отложениями липаритовой формации, которая образовалась за счет магматической деятельности на заключительном этапе герцинской складчатости в карбонеперми. В перми–триасе в результате активизации вулканизма сформировались толщи от ультраосновного до кислого состава. С перми до начала юры происходили процессы выветривания и пепленизации с формированием коры выветривания [Исаев, 2010; Ковешников, Недоливко, 2012; Лобова и др., 2018]. По известнякам происходило карстообразование с позднего карбона по юрское время [Найденов, Суркова, 1985]. Отложения доюрского комплекса перекрыты юрско-палеогеновыми отложениями мощностью более 1,5 км.

Урмано-Арчинская нефтегазоносная зона имеет сложное тектоническое строение. Месторождения нефти и газа в ней приурочены к приподнятой

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра нефтегазовой седиментологии и морской геологии, аспирант; *e-mail:* boxannak@gmail.com

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра нефтегазовой седиментологии и морской геологии, зав. кафедрой, профессор, докт. геол.- минер. н.; *e-mail:* rostovtseva@list.ru

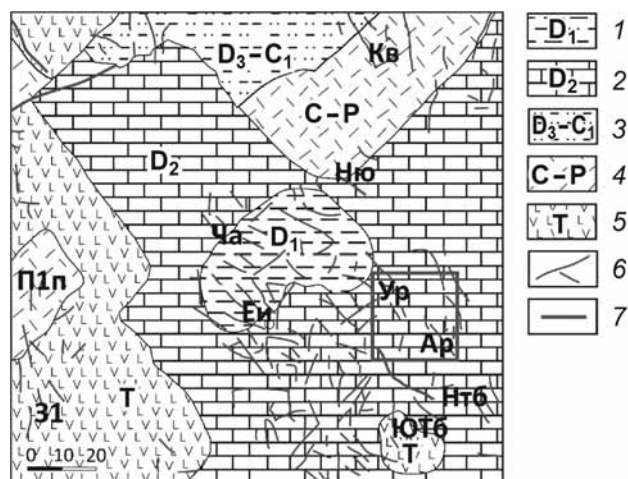


Рис. 1. Схематическая карта распространения разных типов пород фундамента и тектонических нарушений Нюрольской мегавпадины, по [Конторович и др., 2001; Лобова и др., 2018]: 1–5 — комплексы пород фундамента с указанием их возраста: 1 — глинисто-кремнистые сланцы и эффузивы, 2 — карбонатные и глинисто-карбонатные породы, 3 — терригенные породы, 4 — липариты и эффузивы среднего состава, 5 — вулканогенно-осадочные породы от основного до кислого состава; 6 — разломы; 7 — Урмано-Арчинская зона (границы условные). Буквенные обозначения — названия месторождений или отдельных скважин доюрского комплекса: Кв — Квензерская, Нью — Нюльгинская, Ча — Чагвинское, П1п — Пешеходная 1 параметрическая, Еи — Еллей-Игайское; Ур — Урманское, Ар — Арчинское, З1 — Зимняя 1, Нтб — Нижнетабагинское, Ютб — Южно-Табагинское

ступени фундамента, осложненной с востока и запада зонами дробления.

В этой зоне один из типов пород-коллекторов представлен бокситовыми проницаемыми отложениями, залегающими на девонских известняках [Сурков, Конторович, 1991]. Подобные породы были вскрыты изучаемой скважиной на глубине около 3343,0 м. В рассматриваемой части разреза, охарактеризованной керном, по литологическим признакам снизу вверх выделяются четыре слоя.

*Слой 1* (3346,0–3362,0 м) сложен перекристаллизованными органогенно-обломочными кораллово-амфиפורовыми известняками нижнего девона (поздний эмс). Известняки плотные, разбиты сетью разнонаправленных трещин, залеченных кальцитом. Мощность отложений около 16,0 м.

*Слой 2* (3286,9–3343,0 м) представлен сочетанием пластов известняков, аналогичных карбонатам слоя 1, и бокситовых пород. Мощность пластов известняков достигает 3,3 м, бокситовых пород — 1,2 м (рис. 2, а–в). На контакте двух типов пород обнаружены следы растворения и брекчирования известняков. Проникновение вещества бокситовых отложений по трещинам, развитым в известняках, обуславливало возникновение структуры, сходной с брекчиевидной (рис. 2, а, б). Наблюдаются при-

знаки карстообразования. Мощность отложений около 56,1 м.

*Слой 3* (3269,1–3286,9 м) сложен бокситовыми породами. В низах этого слоя породы характеризуются высокой пористостью (открытая пористость по воде до 36,9%), а в кровле содержат углефицированные растительные остатки (рис. 2, г). Мощность отложений около 17,8 м.

*Слой 4* (3260,0–3269,1 м) представлен терригенными отложениями нижней юры (поздний тоар). Углистые аргиллиты черного цвета, залегающие в основании этой части разреза, выше сменяются песчаниками и гравийно-галечными отложениями. Мощность отложений около 9,1 м.

Отложения рассматриваемого интервала разреза были детально изучены. Породы анализировали с помощью оптической и электронной микроскопии, а также рентгенофазовым и геохимическим методами в лабораториях геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (использован сканирующий электронный микроскоп «Jeol JSM 6480LV»). Керновый материал, шлифы, данные рентгено-флуоресцентного анализа и петрофизических исследований образцов предоставлены ООО «Газпромнефть НТЦ».

**Результаты исследований и их обсуждение.** В изучаемых отложениях выделено три основных литологических типа бокситовых пород.

К первому литотипу отнесены обломочно-оолито-пизолитовые образования (рис. 3 а–в). Породы сложены в основном сферическими и эллипсоидальными зернами, имеющими как однородное (пеллеты), так и четко выраженное концентрическое строение (оолиты и пизолиты). Зерна с концентрическим строением обычно преобладают и характеризуются более крупными размерами частиц (до 5–10 мм и более). Зерна с однородным строением имеют преимущественно тонко- и мелко-среднезернистую песчаную размерность. Большая часть зерен сложена каолинитом, отдельные оолиты и пизолиты состоят из минерала группы крадаллита (алюмофосфат стронция). В зернах алюмофосфатного состава часто видны трещины

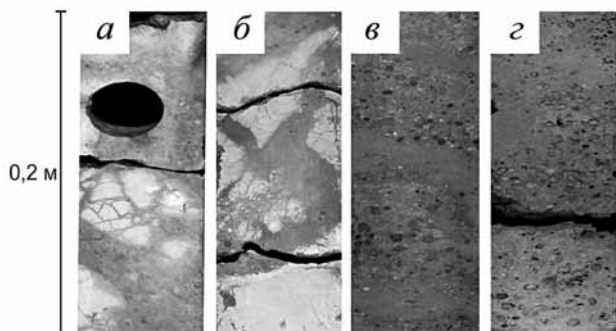
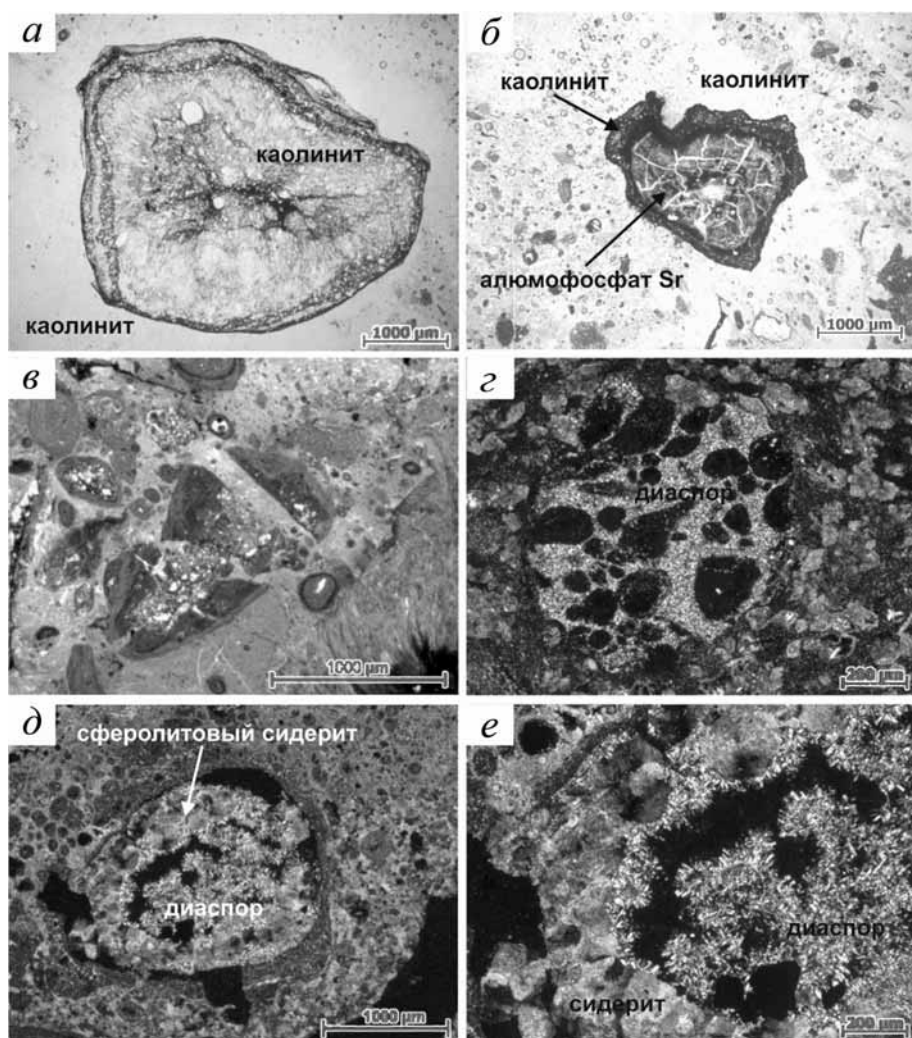


Рис. 2. Изученные бокситовые породы: а, б — известняки с брекчиевидной структурой в сочетании с бокситовыми отложениями; в — бокситовая порода со следами сортировки оолитов и пизолитов; г — эпигенетически преобразованная бокситовая порода с частично выщелоченными оолитами и пизолитами

Рис. 3. Микрофотографии бокситовых пород: *a* — деформированный оолит, сложенный каолинитом; *б* — оолит рыжевато-коричневого цвета, сложенный алюмофосфатом стронция (минерал группы крадаллита), разбитый трещинами синерезиса и с бурой каймой из каолинита, содержащей скопления рутила и циркона; *в* — обломки каолинового оолита; *г* — обломок породы, содержащий оолиты и замещенный диаспором, окружающая масса сложена каолинитом, диаспором и сидеритом; *д* — выщелоченный оолит с вторичными игольчатыми кристаллами диаспора и сферическим сидеритом; *е* — то же, крупный план. Фото *г*, *д*, *е* выполнены с анализатором



синерезиса. В породе также встречаются обломки зерен, фрагменты бокситовых пород, местами наблюдается слоистость, что свидетельствует о переносе гипергенного материала. Зерна скреплены пелитоморфной массой каолинового состава. Этот тип пород свойствен нижней части изучаемого разреза (слой 2 и основание слоя 3).

Второй литотип представлен образованиями, в целом сходными с породами первого типа, но отличающимися от них наличием следов интенсивного выщелачивания (рис. 3, *г–е*). В породах наблюдается вторичная пустотность внутри зерен (в основном оолитов и пизолитов), которая также местами отмечена и в межзерновом пространстве. Во внутренней части выщелоченных зерен видны скопления идиоморфных кристаллов диаспора размером около 0,05 мм. Поверх кристаллов диаспора выявлено развитие сидерита разной формы (сферолитовой и ромбоэдрической) (рис. 3, *д*, *е*; рис. 4, *а*). Выщелачивание скрепляющей массы пород происходило с замещением первичного каолинового вещества глиноземом и сидеритом. Электронная микроскопия позволила выявить наличие в ней аутигенных рудных минералов: галенита и

халькопирита (рис. 4, *б*). Этот тип пород слагает среднюю часть слоя 3 изучаемого разреза.

К третьему типу отнесены пелитоморфные глиноподобные образования с очаговым развитием в основной массе каолинового и глиноземистого вещества. Этот тип пород встречается только на одном уровне разреза, он слагает маломощный интервал в верхах слоя 3.

В изученных бокситовых породах встречаются детритовый циркон, а также выделения рутила (рис. 4, *в*, *г*). Цвет пород варьирует от темно-серого до светло-серого и от рыжевато-коричневого до светло-бежевого.

По химическому составу, согласно классификационной диаграмме Д. Бардошши [Бардошши, 1981], рассматриваемые отложения относятся к разным вещественным типам пород (рис. 5). Бокситовые породы первого литотипа соответствуют бокситовым глинам и глинистым бокситам, второго и третьего литотипов — бокситам, железистым бокситам и бокситовой железной руде. Высокое содержание железистой составляющей в бокситовых образованиях второго и третьего литотипов может быть обусловлено значительной вторичной сидеритизацией этих пород. Повышенное коли-

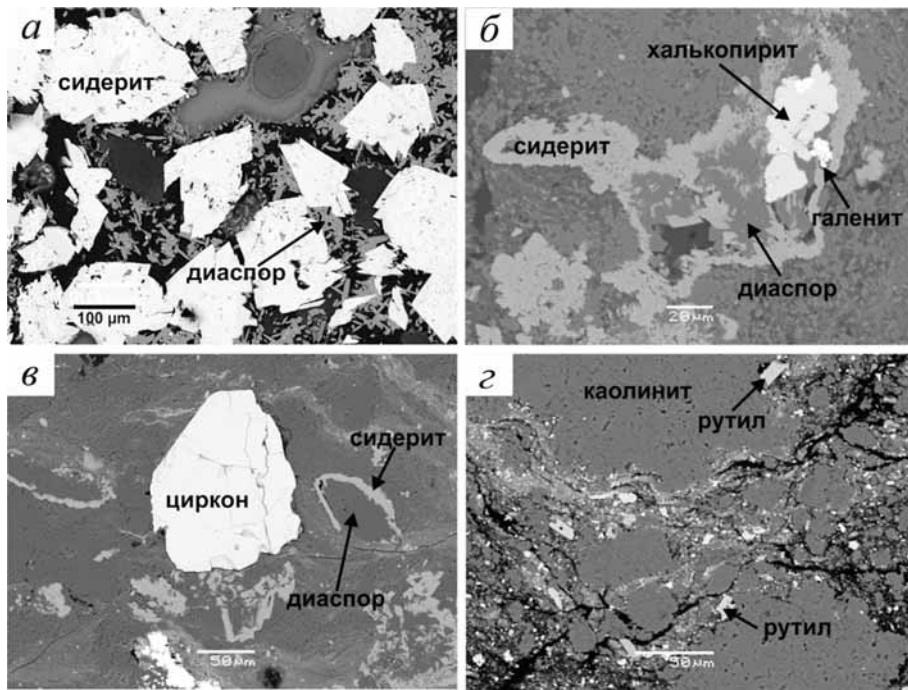


Рис. 4. Электронно-микроскопические снимки бокситовых пород: *а* — игольчатые кристаллы диаспора с более поздней генерацией идиоморфного сидерита в пустотном пространстве оолита; *б* — замещение основной массы породы вторичными выделениями кристаллов диаспора, сидерита, халькопирита и галенита; *в* — основная масса бокситоподобной породы с детритовым зерном циркона, замещенная диаспором и сидеритом; *г* — скопления рутила в центре оолита, сложенного каолинитом

чество глинозема в них, скорее всего, связано с дополнительной концентрацией оксидов алюминия за счет растворения и выноса кремнезема при выщелачивании.

Рентгенофазовый анализ валовых проб показал, что основной глинистый минерал бокситовых пород — каолинит, основной минерал глинозема — диаспор, а железо концентрируется в сидерите (табл. 1).

Слабоизмененные бокситовые породы первого литотипа и их выщелоченные аналоги второго и третьего литотипов различаются по содержанию основных компонентов. В разностях первого литотипа (обр. 24889, 24889а, 24735) содержание (%)  $\text{SiO}_2$  меняется от 37,22 до 45,86,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — от 37,52 до 42,65,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — от 0,10 до 2,08. В породах

второго литотипа (обр. 29951, 29946, 24714) содержание  $\text{SiO}_2$  значительно ниже — от 0,41 до 1,79%, а содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  составляет от 28,93 до 57,83% и от 14,86 до 36,24% соответственно. В третьем литотипе (обр. 29941, 29937) содержание оксида кремния несколько выше, чем во втором, и составляет от 2,06 до 18,11% при содержании  $\text{Al}_2\text{O}_3$  от 37,83 до 42,31% и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  от 14,36 до 22,94% (табл. 2).

В изученных бокситовых породах выявлена высокая концентрация (ppm) Sr (230–6697), Ва

Таблица 1

Минеральный состав бокситовых пород доюрского комплекса Урмано-Арчинской зоны по результатам рентгеноструктурного анализа

Минерал	Номер образца					
	24889	24882	24847	29946	29941	29937
Минерал, %						
сметит	4	5	-	-	2	2
гидрослюда	-	-	-	-	2	-
смешанослойные слюда-сметит	4	-	2	-	2	-
каолинит	79	71	28	-	4	5
цеолит	-	1	1	-	2	1
гиббсит	-	-	-	-	-	1
бёмит	-	-	-	-	-	1
диаспор	-	-	-	30	33	22
кальцит	9	3	52	-	-	-
доломит	-	-	1	-	-	1
сидерит	4	20	16	70	52	67
гётит	-	-	-	-	3	-
сумма	100	100	100	100	100	100

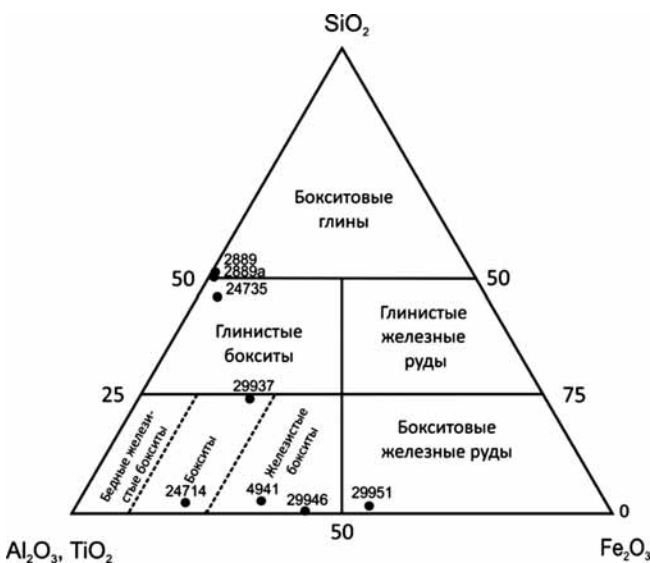


Рис. 5. Классификационная диаграмма бокситов, по [Бардошши, 1981], с изменениями по [Sinisi, 2018], с фигуративными точками составов изученных пород

Таблица 2

**Химический состав бокситовых пород доюрского комплекса Урмано-Арчинской зоны по данным микронзондового (обр. 24889, 24889а) и рентгено-флуоресцентного анализов (24735, 29951, 29946, 24714, 29941, 29937)**

Состав	Номер образца							
	24889	24889а	24735	29951	29946	24714	29941	29937
Оксиды, %								
SiO <sub>2</sub>	45,86	42,67	37,22	1,20	0,41	1,79	2,06	18,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	42,65	40,15	37,52	28,93	37,54	57,83	42,31	37,83
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	0,34	2,08	36,24	29,13	14,86	22,94	14,36
MgO	-	0,05	-	1,58	0,78	0,62	0,94	0,58
MnO	-	-	0,01	0,20	0,13	0,05	0,18	0,10
CaO	-	0,08	0,69	1,38	2,71	0,77	1,37	2,29
Na <sub>2</sub> O	-	-	0,18	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> O	0,01	0,06	0,11	0,03	0,02	0,05	0,07	0,14
TiO <sub>2</sub>	-	0,83	2,30	1,48	1,48	2,62	2,02	2,43
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	1,95	0,12	0,13	0,31	0,31	0,90
SO <sub>3</sub>	-	-	0,17	0,07	0,04	0,07	0,06	0,17
Cl	-	-	0,09	0,04	0,01	0,03	0,02	0,04
ппп	-	-	16,40	28,45	27,37	20,46	27,36	22,28
Сумма	88,62	84,19	98,72	99,72	99,75	99,47	99,63	99,24
Элементы-примеси, ppm								
Ba	-	-	889	99	0	74	82	361
Co	-	-	10	39	41	35	38	51
Cu	-	-	36	85	14	42	50	53
Zn	-	-	629	96	105	91	88	233
V	-	-	525	552	406	627	611	465
Zr	-	-	735	360	342	720	468	620
Ni	-	-	295	105	111	154	93	486
Pb	-	-	97	31	32	68	32	82
Sc	-	-	23	53	25	24	38	24
U	-	-	41	-	-	24	17	12
Y	-	-	206	52	47	98	78	107
Sr	-	-	6697	264	230	846	658	2824
Cr	-	-	405	262	256	457	271	403
Ga	-	-	87	31	43	92	41	57
Ge	-	-	-	-	-	8	-	-
As	-	-	89	-	-	162	-	546
Nb	-	-	20	13	15	31	22	24
Sn	-	-	31	-	14	18	18	15
Hf	-	-	25	-	-	25	-	-
РЗЭ, ppm								
La	-	-	110,85	24,73	23,02	38,37	75,04	61,39
Ce	-	-	192,12	120,48	147,35	216,55	117,23	230,39
Nd	-	-	116,60	55,73	37,72	61,73	42,87	83,16

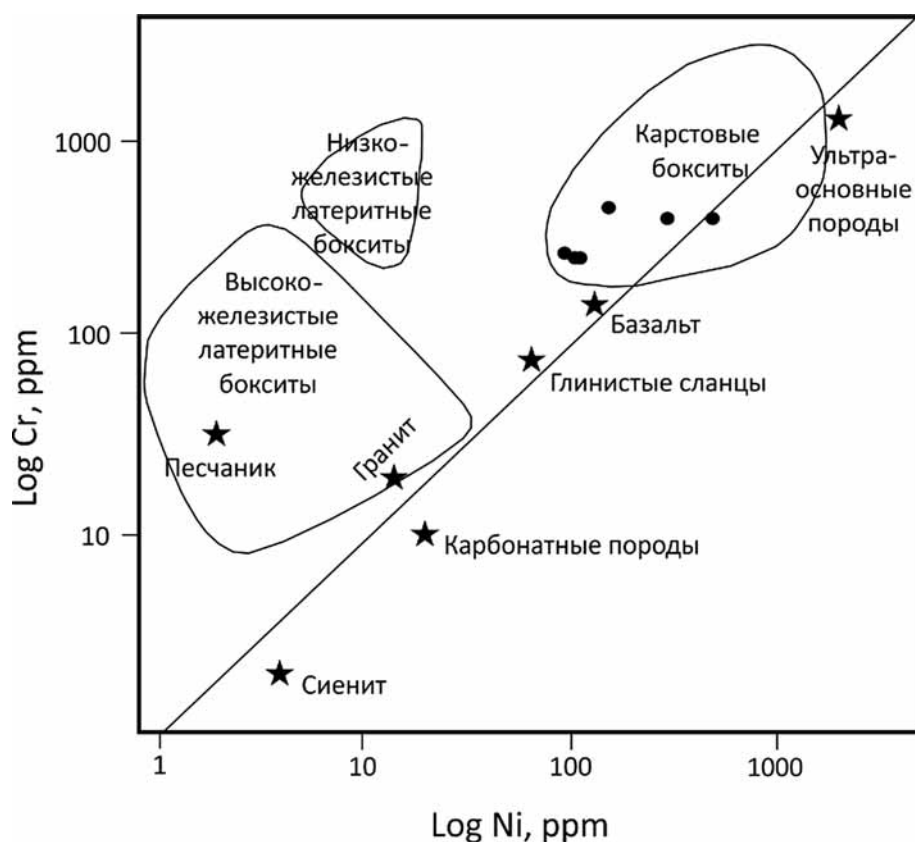


Рис. 6. Диаграмма Ni–Cr для бокситов и других типов пород, по [Schroll, Sauer, 1968], с фигуративными точками составов изученных пород

(74–889), Zr (342–735), V (406–627), Ni (93–486), Cr (256–457). В отдельных пробах установлено значительное содержание Y, As (табл. 2).

На диаграмме Ni–Cr изученные породы соответствуют карстовым бокситам [Schroll, Sauer, 1968] (рис. 6).

Такие элементы-примеси, как Cr, Ni, V, Co, Zr, Nb, Y, Ga, считаются малоподвижными в процессах выветривания. Они накапливаются в остаточных продуктах кор выветривания [Bonì, 2013]. Некоторые из них используются для определения материнских пород элювиального профиля. Чтобы определить тип материнских пород для изучаемых бокситовых пород, был построен ряд геохимических диаграмм, основанных на концентрации элементов-примесей и Ti.

Диаграмма соотношения  $Zr/TiO_2$  и  $Nb/Y$  широко применяется для определения материнских пород при изучении сильноизмененных магматических пород [Floyd, Winchester, 1978]. Фигуративные точки составов исследуемых бокситовых пород на этой диаграмме локализованы в поле андезитов (рис. 7).

Это согласуется с данными, которые получены при построении диаграммы Özlü [Özlü, 1983], позволяющей определять источник вещества карстовых бокситов по соотношению в них Zr, Cr, и Ga. Фигуративные точки составов бокситовых пород находятся в поле III этой диаграммы, что позволяет рассматривать в качестве материнских пород глинистые отложения и магматические образования среднего состава (рис. 8).

Для определения материнских пород был также использован «коэффициент аккумуляции» элементов-примесей  $R$  для бокситов [Shaw, 1964]. Коэффициент аккумуляции  $R$  вычисляется по формуле

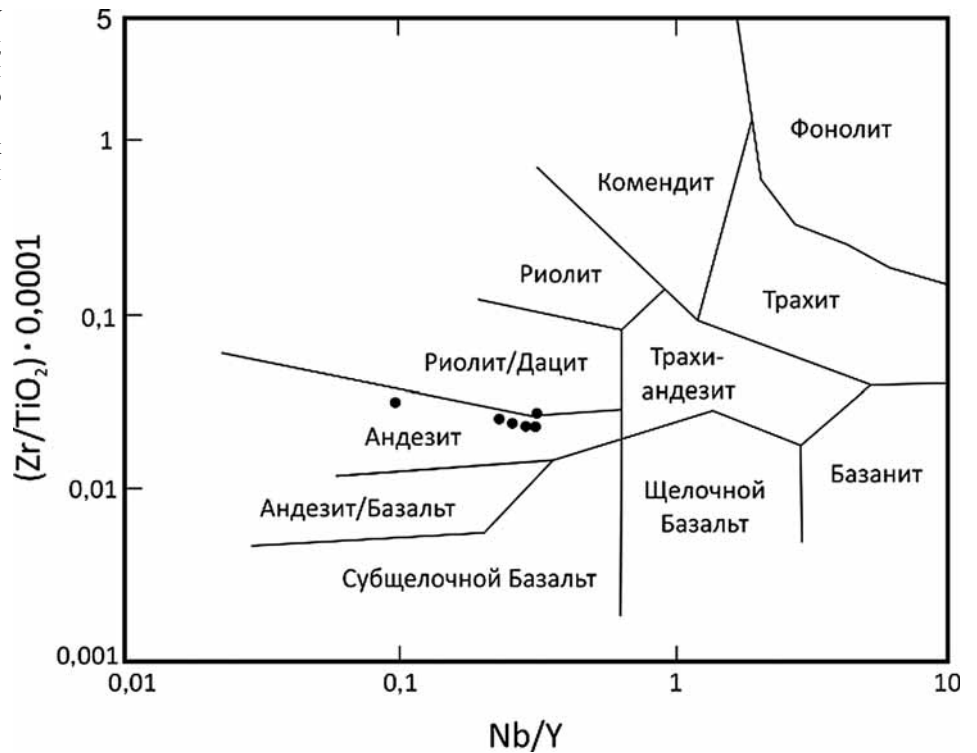
$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{k_i}{K_i},$$

где  $i$  — элемент-примесь,  $n$  — число использованных элементов,  $k_i$  — средняя концентрация элемента примеси в профиле,  $K_i$  — средняя концентрация элемента в литосфере [Mason, Mooge, 1982].

Мы рассчитывали коэффициент аккумуляции по содержанию Cr, Mn, Ni, Ga, Zr, Sc, V, Cu, Pb. На диаграмме соотношения  $R$  и Cr [Özlü, 1983] видно, что материнскими породами изученных бокситовых образований могли быть, скорее всего, магматические породы среднего состава и глинистые породы (аргиллиты, сланцы) (рис. 9).

**Результаты исследований и их обсуждение.** По карбонатным породам может формироваться маломощный элювиальный профиль. В карстовых полостях этих пород также часто улавливается гипергенный материал, сносимый при размыве коры выветривания. По особенностям совместного залегания известняков и бокситовых пород, признакам карстования, следам транспортировки гипергенных продуктов рассматриваемые элювиальные накопления в большей степени соответствуют переотложенным образованиям. Это хорошо согласуется с имеющимися опубликованными

Рис. 7. Диаграмма  $Zr/TiO_2-Nb/Y$  для определения материнских пород коры выветривания, развивающейся по магматическим образованиям, по [Floyd, Winchester, 1978]. Фигуративные точки составов изученных пород локализованы в области андезитов



данными [Баженов, Бабанская, 1991; Ежова, 2012; Главнова и др., 2015]. По А.В. Ежовой [2012], необходимое условие для возникновения скоплений переотложенного бокситоподобного материала заключается в пролювиально-делювиально-аллювиальном смыве и оползании продуктов выветривания, образующихся на алюмосиликатных породах вблизи их контакта с карбонатными отложениями.

Формирование элювиального профиля суммарной мощностью более 10,5 м при выветривании известняков представляется маловероятным в связи с низким содержанием в них алюминия и кремния.

Если гипергенный материал переотложенный, то в этом случае важным становится определение вещественного состава первичных материнских пород, по которым происходило развитие продуктов выветривания. Некоторые исследователи предполагают, что рассматриваемые бокситовые образования сформировались по туфам и эффузивам основного состава, испытавшим латеритизацию [Шабистов, 2002; Ковешников, Неволиков, 2012]. Полученные данные о первичном существенно каолининовом составе изученных продуктов выветривания и их изначальной обедненности глиноземом не подтверждают подобную точку зрения.

По содержанию элементов-примесей бокситовые породы соответствуют элювиальным накоплениям, сформировавшимся по магматическим образованиям среднего состава (например, андезитам) и/или глинистым отложениям (аргиллитам, сланцам) (рис. 7–9).

Самым близким возможным источником элювиального материала, учитывая полученные данные, могли служить выходы глинистых пород

и вулканитов палеозоя (нижнего девона), установленные на северо-западе от Урманно-Арчинской зоны (рис. 1). В пределах этих выходов скважинами Еллейская 1 и Чагвинская 1, 2, 4 вскрыты эффузивные породы и их туфы, терригенные и глинисто-кремнистые породы [Конторович и др. 2001; Лобова и др., 2018].

Важно выявить механизм возникновения коллекторских свойств в изученных бокситовых породах. Согласно А.Е. Ковешникову и Н.М. Неволикову [2012], формирование коллекторов в бок-

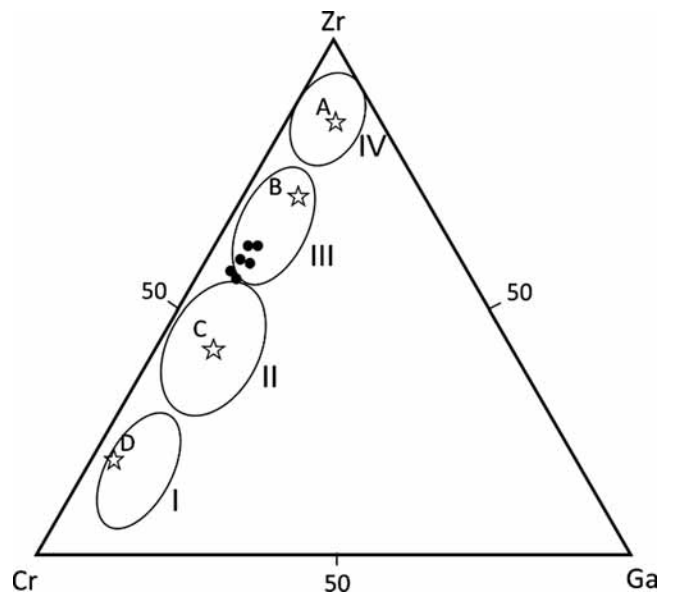


Рис. 8. Диаграмма Ga–Zr–Cr для определения материнских пород бокситов, по [Özl, 1983], с фигуративными точками составов изученных пород. Средние значения концентрации в породах: кислых (А), средних (В), основных (С) и ультраосновных (D). Типы пород: ультраосновные (I), основные (II), среднего состава или глинистые (III), кислые (IV)

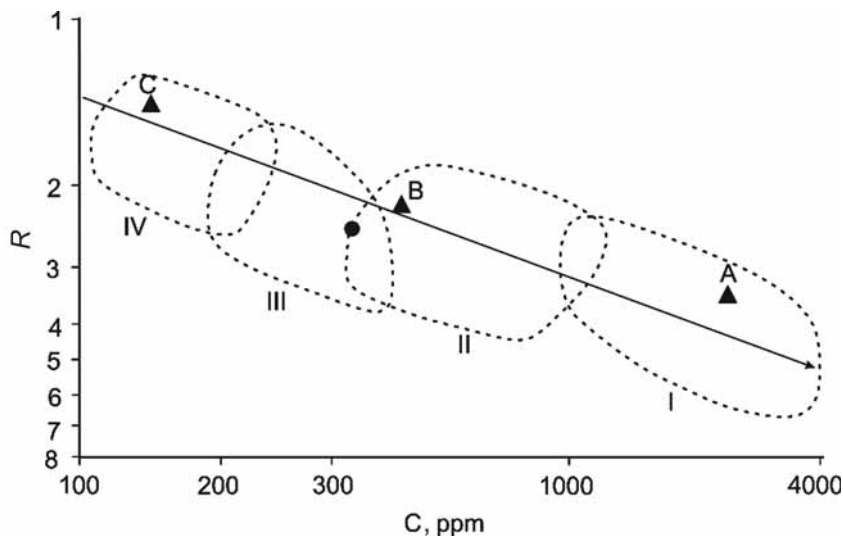


Рис. 9. Диаграмма R–C для определения типа материнских пород с фигуративной точкой составов изученных бокситовых образований, по [Özlü, 1983]. А, В и С — составы латеритов по амфиболитам, базальтам и гранитам соответственно. Типы материнских пород: ультраосновные (I), основные (II), среднего состава или глинистые (III), кислые (IV)

ситах доюрского комплекса во многом аналогично образованию осадочных обломочных пород с первичной открытой пористостью. По Б.В. Шабистову [Шабистов, 2002], диагенетические процессы — главные в развитии фильтрационно-емкостных свойств (ФЭС). Согласно данным Е.Н. Главновой с соавторами [2015], образование вторичной пористости в бокситах могло происходить на стадии классического или наложенного диагенеза.

Изучение минерального состава и стадийности преобразования бокситовых пород показало, что, несмотря на их обломочно-оолитово-пизолитовую структуру, по вещественному составу они относятся к глинистым образованиям, часть которых была существенно изменена за счет вторичных процессов.

Слабоизмененные обломочно-оолито-пизолитовые, существенно каолиновые образования снизу вверх по разрезу сменяются сильновыщелоченными высокопористыми породами диаспор-сидеритового состава. Выщелачивание бокситовых глин с образованием диаспора и сидерита — результат проработки пород нагретыми растворами на глубине, а не в условиях гипергенеза и диагенеза.

О протекании процессов выщелачивания в уже литифицированной породе в катагенезе свидетельствует сохранение относительно крупных полостей на месте бывших оолитов и пизолитов. Выше выщелоченных разностей бокситовых пород залегают менее преобразованные подобные образования.

В выщелоченных оолитах и пизолитах обнаружены идиоморфные игольчатые кристаллы диаспора, растущие внутри пустотного пространства, поверх которых находятся сферолитовые и идиоморфные кристаллы сидерита (рис. 3 д, е; рис. 4, а). Диаспор — высокотемпературный минерал глинозема, который стабилен при  $T=200-380$  °С и давлении более 100–150 атм. Осаждение диаспора происходит в слабощелочной среде при pH 8–10 [Бушинский, 1971; Бардошши, 1981]. Кристаллы

диаспора могли сформироваться из глинозема, освобожденного из каолинита за счет растворения и выноса кремнезема слабощелочными нагретыми растворами, циркулировавшими в пласте. С действием гидротермальных растворов была связана вторичная сидеритизация этих пород.

На фильтрацию в отложениях горячих растворов указывает присутствие в них типично гидротермальных минералов: галенита и халькопирита, которые развиваются в выщелоченных разностях бокситовых пород поверх кристаллов диаспора и сидерита. (рис. 4, б).

По многочисленным литературным данным Урмано-Арчинская зона характеризуется развитием большого количества тектонических разломов и зон дробления, служащих проводящими каналами для гидротермальных растворов, которые способствуют улучшению коллекторских свойств пород [Конторович, 2001; Конторович, 2007; Жуковская, 2013]. Вдоль разломов карбонатные породы становятся менее прочными, что способствует лучшей фильтрации вод и карстообразованию [Бардошши, 1981].

**Выводы.** 1. Изученные бокситовые породы, вскрытые одной из разведочных скважин в пределах Урмано-Арчинской зоны, представлены отложениями карстовых полостей, возникших за счет пролювиально-делювиально-аллювиального смыва и переноса продуктов коры выветривания, развивавшейся по алюмосиликатным породам.

2. По значениям концентрации микроэлементов установлено, что для рассматриваемых гипергенных образований материнскими породами могли быть магматические породы среднего состава и/или глинистые толщи. Предполагается, что источником элювиального вещества могла служить кора выветривания, возникшая по вулканитам и кремнисто-глинистым отложениям палеозоя (предположительно раннедевонского возраста), выходящим к поверхности доюрского комплекса в ядре антиклинальной складки на северо-западе от изучаемой территории. При этом степень латеритизации была незначительной.

3. По вещественному составу рассматриваемые бокситовые образования оказались преимущественно каолинитовыми, а их высокопористые сидерит-диаспоровые разностями — продуктами процессов вторичного выщелачивания. Выщелоченные разности бокситовых пород обладают коллекторскими свойствами (относятся к порово-трещинно-кавернозному типу коллектора) и расположены вблизи контактовой зоны с вы-

шеležащими юрскими отложениями. Изучение минерального состава и стадийности преобразований этих пород показало, что их вторичные изменения связаны с фильтрацией нагретых растворов на стадии катагенеза. Полученные данные свидетельствуют в пользу гипотезы о гидротермальной проработке пород изучаемого района по многочисленным тектоническим разломам.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баженов В.А., Бабанская И.В.* Бокситы палеозойского фундамента Западно-Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1991. № 1. С. 101–107.
- Бардошиши Д.* Карстовые бокситы. М.: Мир, 1981. 455 с.
- Бушинский Г.И.* Геология бокситов. М.: Недра, 1971. 368 с.
- Главнова Е.Н., Тугарова М.А., Жуковская Е.А.* и др. Геолого-геофизическая характеристика и генезис доюрских отложений Урмано-Арчинской площади // Нефтяное хозяйство. 2015. № 6. С. 33–37.
- Ежова А.В.* Глиноземистые и железистые породы из продуктивной толщи юго-востока Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (Томская область) // Изв. Томск. политех. ун-та. Сер. Науки о Земле. 2012. Т. 321, № 1. С. 111–115.
- Жуковская Е.А., Главнова Е.Н., Буторина М.А.* Тектоно-седиментационная модель как основа прогноза зон распространения трещинных коллекторов в карбонатных палеозойских отложениях Западно-Сибирской плиты (на примере Арчинского нефтегазоконденсатного месторождения) // VII Всеросс. литол. совещ. «Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории». Т. 1. Новосибирск, 2013. С. 311–314.
- Исаев Г.Д.* Стратификация и состав пород зоны контакта мезозой-палеозой // Вестн. Томск. гос. ун-та. 2010. № 331. С. 203–209.
- Ковешников А.Е., Недоливко Н.М.* Коры выветривания доюрских отложений Западно-Сибирской геосинеклизы // Изв. Томск. политех. ун-та. Сер. Науки о Земле. 2012. Т. 320, № 1. С. 77–81.
- Конторович В.А.* Сейсмогеологические критерии нефтегазоносности зоны контакта палеозойских и мезозойских отложений Западной Сибири // Геология и геофизика. 2007. Т. 48, № 5. С. 538–547.
- Конторович А.Э., Буриштейн Л.М., Елкин Е.А.* и др. Количественная оценка ресурсов углеводородного сырья Томской области, с уточнением ресурсов по лицензионным участкам. Кн. 1. Новосибирск; Томск: Изд-во ИНГГ СО РАН, 2001. 264 с.
- Курбала Е.Л.* Коллекторы нефти и газа в коре выветривания карбонатов // Геология нефти и газа. 1990. № 1. С. 29–32.
- Лобова Г.А., Исаев В.И., Кузьменков С.Г.* и др. Нефтегазоносность коллекторов коры выветривания и палеозоя юго-востока Западной Сибири (прогнозирование трудноизвлекаемых запасов) // Геофиз. журн. 2018. Т. 40, № 4. С. 73–106.
- Найденков О.В., Суркова Г.И.* Литофации и нефтегазоносность межформационной толщи юго-востока Западно-Сибирского НГБ // Тез. докл. V Всесоюз. семинара «Формации осадочных бассейнов». М., 1985. С. 238–239.
- Сурков В.С., Конторович А.Э.* Теоретические и региональные проблемы геологии нефти и газа. Новосибирск: Наука, 1991. 240 с.
- Шибустов Б.В.* Закономерности формирования и размещения континентальных бокситов: Автореф. канд. дисс. М., 2002.
- Boni M., Rollinson G., Mondillo N.* et al. Quantitative mineralogical characterization of karst bauxite deposits in the Southern Apennines, Italy // Econ. Geol. 2013. Vol. 108, N 4. P. 813–833.
- Floyd P.A., Winchester J.A.* Identification and discrimination of altered and metamorphosed volcanic rocks using immobile elements // Chem. Geol. 1978. Vol. 21, N 3–4. P. 291–306.
- Mason B., Moore C.B.* Principles of Geochemistry. N.Y.: John Wiley and Sons, 1982. 331 p.
- Özli N.* Trace-element content of «Karst Bauxites» and their parent rocks in the mediterranean belt // Mineral. Deposita. 1983. Vol. 18, N 3. P. 469–476.
- Schroll E., Sauer D.* Beitrag zur Geochemie von Titan, Chrom, Nickel, Cobalt, Vanadium und Molibdan in Bauxitischen Gesteinen und problem der stofflichen herkunft des Aluminiums // Travaux ICSOBA. 1968. Vol. 5. P. 83–96.
- Shaw D.M.* Interprétation géochimique des éléments en traces dans les roches cristallines. Paris: Masson et Cie, 1964. 237 p.
- Sinisi R.* Mineralogical and Geochemical Features of Cretaceous Bauxite from San Giovanni Rotondo (Apulia, Southern Italy): A Provenance Tool // Minerals. 2018. Vol. 8, N 12. 567 p.

Поступила в редакцию 00.00.2020

Поступила с доработки 00.00.2020

Принята к публикации 00.00.2020