

Каолины Орского Зауралья – сырьевая база для формирования в Приволжском федеральном округе специализированного горно-промышленного комплекса

Необходимость развития и укрепления в Российской Федерации минерально-сырьевой базы каолина определяет актуальность освоения его ресурсов в Мугоджарской каолиноносной субпровинции, в первую очередь, запасов первичного (элювиального) каолина Южно-Ушкотинского и Ковыльного месторождений. Наличие надежной сырьевой базы является значимым аргументом в пользу формирования на востоке Оренбургской области горно-промышленного комплекса, специализированного в отношении добычи, обогащения и промышленного использования каолина. Геолого-поисковыми работами последних лет установлена возможность последующего укрепления сырьевой базы каолинов. Подтверждением этому служит выявление на восточной окраине Оренбургской области новой Коскольской каолиноносной площади, в пределах которой можно ожидать открытия крупного месторождения высококачественных элювиальных каолинов. Коскольская площадь заслуживает продолжения геологоразведочных работ оценочной стадии.

Ключевые слова: каолин, ресурсы, месторождение, Оренбургская область, Мугоджары.

В Российской Федерации основная добыча легко обогащаемого первичного (элювиального) каолина производится в Челябинской области. В этой же области на двух горно-обогащительных предприятиях (ГОК) получают весь производимый в стране обогащенный каолин. В 2012 г. этими ГОКами выпущено около 122 тыс. т обогащенного каолина, что обеспечивает приблизительно лишь четверть потребности в нем. Дефицит компенсируется импортными поставками. В 2012 г. импорт (преимущественно из Украины) составил около 300 тыс. т. Очевидно, что для самообеспечения каолиновыми продуктами и снижения зависимости от импорта потребуются оперативное укрепление отечественной МСБ каолина.

В первую очередь заслуживают внимания каолины Мугоджарской субпровинции Урало-Мугоджарской каолиноносной провинции (Васянов, Горбачев, 1974). Она занимает часть Оренбургской области восточнее меридиана г. Новоорска, ограничена с севера границей с Челябинской областью, а с юга и востока – государственной границей с Казахстаном. На ее территории (Адамовский, Домбаровский, Ясенский, Светлинский административные районы) сохранились обширные фрагменты мезозойского (мелового) Зауральского пенеппена. Фиксирующая пенеппен линейно-площадная кора каолинового выветривания полного профиля преимущественно приурочена к пологим возвышенностям современного рельефа.

В поисках залежей каолина и их изучении участвовали Г.Ф. Сыров, Р.Я. Березницкая, В.А. Гуцаки, В.И. Еркомов, Е.Н. Миронов, А.Х. Сибгатуллин, Э.Г. Галимов, Е.И. Якобс, Н.Т. Шмельков, Ю.В. Кинаш и др. Анализ материалов съемочных и поисковых работ позволил установить основные закономерности формирования и размещения залежей элювиальных каолинов в Ор-

ском Зауралье (Горбачев, Васянов, 1974).

Наиболее значительные перспективы выявления промышленных залежей каолина прогнозировались для Северо-Мугоджарского субширотного (Нарвайт, 1970) пояса, а в качестве заслуживающих наибольшего внимания были выделены площади выветривания гранитов, слагающих Верхне- и Средне-Ушкотинский массивы.

Начиная с 1996 г. целенаправленное изучение каолиноносности Орского Зауралья проводит ОАО «Компания вотемиро» при участии и научно-методическом, аналитико-технологическом обеспечении со стороны ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»^{*}. Результаты проведенных геологоразведочных работ позволяют с уверенностью рассматривать Мугоджарскую субпровинцию в качестве новой перспективной сырьевой базы элювиальных каолинов (Горбачев, Чуприна, 2009), что подтверждено присутствием в ней двух предварительно разведанных месторождений (Южно-Ушкотинского и Ковыльного). По состоянию на 2014 год прогнозные ресурсы элювиального каолина Мугоджарской субпровинции составляют около 800 млн. т (кат. P₁+P₂), запасы ~ 76,4 млн. т (кат. C₁+C₂). Запасы разведанных месторождений элювиального каолина приведены в таблице 1.

В пределах Мугоджарской субпровинции выделено 6 каолиноносных районов (Рис. 1), из которых к данному времени наиболее изучены Ушкотинский и Текельдытауский. В первом из них, юго-восточнее пос. Домбаровский, разведывается Южно-Ушкотинское месторождение каолина, во втором – завершены работы оценочной стадии

№ п/п	Месторождение	Запасы (млн. т)		Добыча (тыс. т) в 2013 г.	Распределенный фонд (млн. т)		Нераспределенный фонд (млн. т)	
		A+B+C ₁	C ₂		A+B+C ₁	C ₂	A+B+C ₁	C ₂
Оренбургская область								
1	Южно-Ушкотинское	2,336	36,158	-	2,336	36,158	-	-
2	Ковыльное	3,138	33,478	-	-	-	3,138	33,478
3	Киёмбаевское	0,713	0,567	17	0,713	0,567	-	-
	Всего по ПФО	6,187	70,203	17	3,049	36,725	3,138	33,478

Табл. 1. Запасы элювиального каолина Мугоджарской каолиноносной субпровинции (на 01.01.2014 г.).

* Все приведенные в статье сведения о результатах аналитических работ и технологических испытаний получены в лабораториях ФГУП «ЦНИИгеолнеруд».

на месторождении Ковыльное. При проведении в 2011-2013 гг. поисковых работ в Коскольском каолиноносном районе выявлено перспективное одноименное месторождение, заслуживающее дальнейшего изучения.

В пределах Мугоджарской субпровинции месторождения и проявления элювиального каолина генетически связаны с линейно-площадным и линейным морфотипами коры выветривания и залегают преимущественно в условиях, допускающих добычу каолина открытыми горными выработками.

Домбаровский каолиноносный район отвечает южному окончанию Восточно-Магнитогорской структурно-формационной подзоны. В поле развития каолиновой коры выветривания, расположенном юго-западнее с. Домбаровка, выявлено два довольно крупных месторождения каолинов – Архангельское и Домбаровское, а также ряд проявлений (Кошенсайское, Шербасское, Тюлькубайское и др.). Исходными породами явились гранитоиды Домбаровского массива: граниты, в том числе аплитовидные и пегматоидные, гранодиориты, гранитогнейсы.

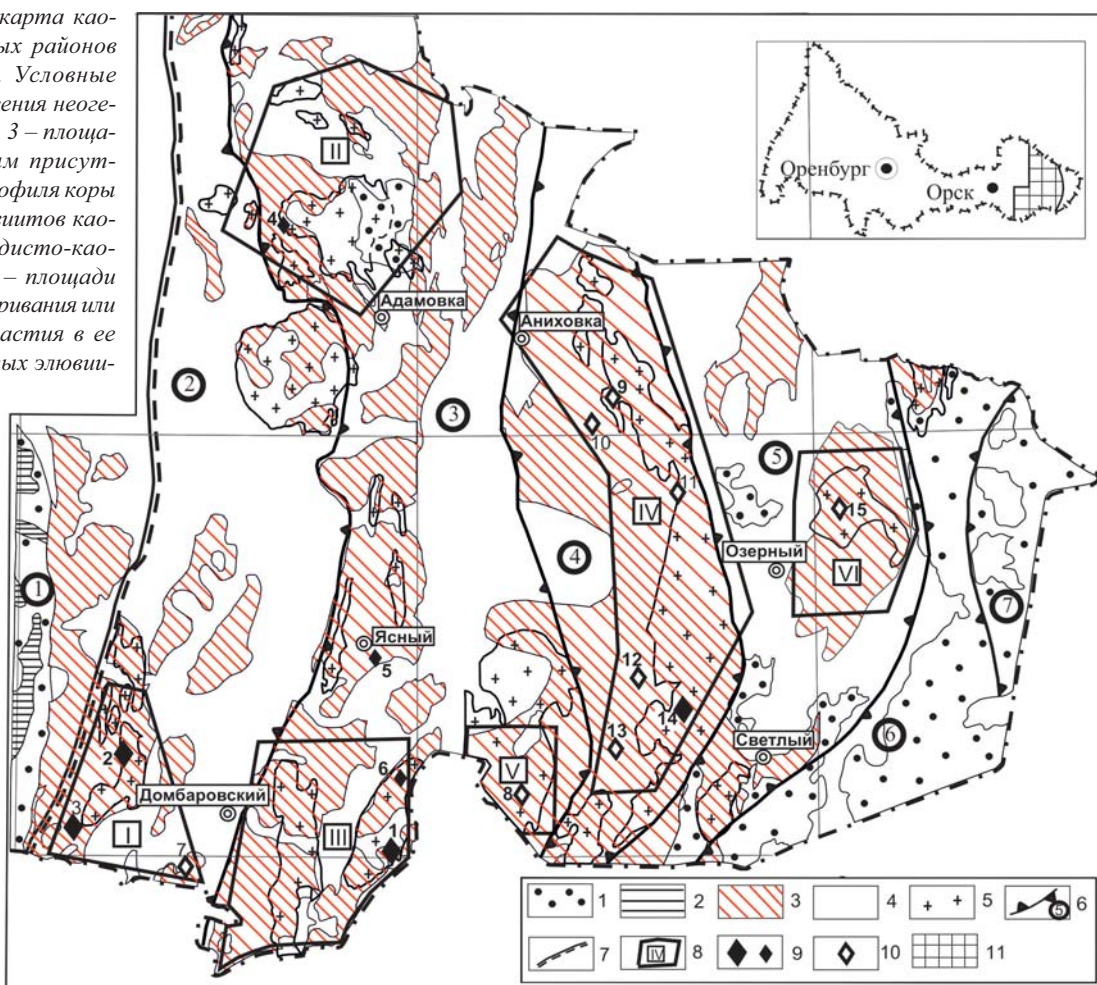
Домбаровское месторождение, расположенное в 5 км к северо-востоку села Архангельское, представлено двумя линзовидными залежами белых и светло-серых каолинов в поле развития элювиитов, имеющих желтую окраску. Размер залежей 1500-800 × 800-400 м, Мощность каолинов варьирует от 5 до 30 м (средняя – 20 м), глубина их

залегания от 0,2 до 5,3 м. Средний химический состав белочетного каолина-сырца (%): SiO_2 – 67,35; TiO_2 – 0,83; Al_2O_3 – 22,25; Fe_2O_3 – 1,38; CaO – 0,35; MgO – 0,46; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ – 1,35; П.п.п. – 6,38. К отвечающим кондициям отнесены каолины, содержащие не более 2% Fe_2O_3 . Доминируют каолины мало пластичные, низко дисперсные, огнеупорность их составляет в среднем 1688°C, не спекающиеся. В природном виде каолины пригодны для получения полукислых огнеупоров, Обогащение не приводит к существенному повышению качества сырья.

Архангельское месторождение (в 10 км к юго-западнее одноименного села) представляет собой горизонтально залегающую залежь, приуроченную к зоне контакта гранитов и гранодиоритов и протягивающуюся в меридиональном направлении на 2,5 км. Средняя глубина залегания залежи – 2,5 м, мощность каолинов – 10 м, состав и свойства каолинов близки домбаровским. Оба месторождения сняты с баланса в 1991-1993 гг. по причине низкого качества каолинов и их плохой обогатимости, однако следует иметь в виду, что развитие технологий обогащения может возродить интерес к ним. Суммарные запасы обоих месторождений около 40 млн. т.

Наиболее перспективным в Домбаровском каолиноносном районе является Кошенсайское проявление, на котором в 1994-1998 гг. были проведены детальные поиски. Расположено оно в Домбаровском районе в 14 км от

Рис. 1. Схематическая карта каолиноносности восточных районов Оренбургской области. Условные обозначения: 1 – отложения неогена; 2 – отложения юры; 3 – площади с преимущественным присутствием в верхней зоне профиля коры выветривания (Mz) элювиитов каолинового и гидрослюдисто-каолинового состава; 4 – площади отсутствия коры выветривания или же незначительного участия в ее составе выше упомянутых элювиитов; 5 – площади заняты гранитоидами и продуктами их выветривания; 6 – структурно-формационные зоны Урала: 1 – Центрально-Магнитогорская, 2 – Восточно-Магнитогорская, 3 – Кочкарско-Адамовская, 4 – Нижнесанарско-Текельдытауская, 5 – Троицко-Буруктальская, 6 – Верхнетобольская, 7 – Айкенская; 7 – западная граница Урало-Мугоджарской каолиноносной провинции; 8 – каолиноносные районы: I – Домбаровский, II – Адамовский, III – Ушкотинский, IV – Текельдытауский, V – Котансинский, VI – Коскольский; 9 – месторождения элювиальных каолинов: крупные и средние: 1) Южноушкотинское, 2) Домбаровское, 3) Архангельское, 14) Ковыльное; мелкие: 4) Теренсайское, 5) Киембаевское, 6) Северо-Ушкотинское; 10 – проявления элювиальных каолинов: 7) Кошенсайское, 8) Котансинское, 9) Джасайское, 10) Новое, 11) Придорожное, 12) Линейное, 13) Гостеприимное, 15) Коскольское. На врезке: 11 – Мугоджарская каолиноносная субпровинция.



ж.д. станции Профинтерн. Исходными породами являются гранитоиды Кошенсайского массива (граниты, гранодиориты). Выделены три разобщенных пластообразных залежи, из которых наиболее значительной является Восточная залежь, занимающая площадь 5,3 км². Мощность коры выветривания от первых метров до 40 м, в среднем – 20 м. В профиле коры выветривания выделены зоны: дезинтеграции, гидрослюдисто-каолининовая с хорошо сохранившейся реликтовой текстурой исходных гранитов и каолининовая (реликтовая текстура сохраняется лишь в нижней части этой зоны). Средняя мощность каолининовой зоны составляет 2-10 м (среднее – 8 м), средняя мощность их перекрывающих образований – 2 м.

Каолины – мягкие, непластичные, плотные породы от белого до серого цвета, участками желтоватые. Содержит зерна кварца и чешуйки светлой слюды. В таблице 2 приведены усредненные содержания главных компонентов химического состава каолина-сырца и обогащенного каолина (фракция < 63 мкм). При обогащении выход продукта составляет 45-71 %, черепок при обжиге до 1250°C белый или розовато-серый.

По результатам предварительных испытаний обогащенные каолины Кошенсайского месторождения признаны пригодными для применения во многих отраслях промышленности, в том числе требующих высокого содержания Al₂O₃, низкого Fe₂O₃, высокой белизны (фарфор-фаянс, санитарно-техническая и электротехническая керамика и пр.). Повышенное среднее содержание оксида калия, указывает на то, что могут быть выделены участки залежи, сложенные белочетными щелочными каолинами. По существу поисковая сеть обеспечивает подсчет запасов каолина по категории С₂, однако, поскольку не были проведены испытания технологических проб, они были классифицированы по категории Р₁ в количестве 78,6 млн. т.

Каолины Центральной и Западной залежей по качеству мало отличаются от каолинов Восточной залежи, но их запасы менее значительные: 14,39 млн. т и 13,28 млн. т, соответственно. Общие прогнозные ресурсы Кошенсайского проявления составляют ~ 106 млн. т каолина-сырца. Каолины Восточной залежи заслуживают проведения оценочных работ. Потребуется небольшие объемы бурения для уточнения морфологии залежи и оценки изменчивости качественных показателей каолина, а также для отбора лабораторно-технологических проб с целью уточнения качественных показателей, продуктов обогащения.

Ушкотинский каолиноносный район расположен в бассейне р. Ушкота. Приурочен он к Адамовской антиклинальной структурно-формационной подзоне с крупными массивами гранитоидов. При проведении поисковых работ было выявлено несколько проявлений, из которых в качестве наиболее перспективного выделено Южно-Ушкотинское. Оно расположено в 30 км к юго-востоку от районного центра Домбаровский в верховьях балки Сул-

Вид сырья	Содержание компонентов, % масс				
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O
Каолин-сырец	63,13	0,3	22,43	1,09	1,5
Обогащенный каолин	47,59	0,4	35,0	0,83	0,6

Табл. 2. Усредненный химический состав элювиального каолина-сырца и продукта его обогащения восточной залежи Кошенсайского месторождения.

лы-Караганды вблизи границы с Казахстаном. Месторождение представлено пятью разобщенными залежами, расположенными в полосе протяженностью около 6 км при изменчивой ширине (до 2,5 км), ориентированной соответственно простиранию уральских структур. В 1999-2001 гг. на месторождении проведены геологоразведочные работы оценочной стадии.

Залежи элювиальных каолинов отвечают сохранившимся фрагментам полнопрофильной каолиновой коры выветривания, приуроченным к пологим возвышенностям современного рельефа. Контролирующими их локализацию являются, преимущественно, две системы докоровых тектонических нарушений, имеющих субмеридиональное и северо-восточное простирание, которым соответствует расположение максимумов мощности каолиновой зоны в профиле коры выветривания исходных кристаллических пород (Горбачев и др., 2004).

По результатам геологоразведочных работ выделены 5 разобщенных залежей каолина, параметры которых приведены в табл. 3. Самая крупная и наиболее детально изученная залежь (№1) расположена на северном фланге месторождения. В поперечных разрезах тела каолина часто имеют форму обратного конуса, что указывает на интенсификацию выветривания по зонам разуплотнения в субстрате. Исходные породы, представлены в основном лейкократовыми катаклазированными и мусковитизированными гранитами Верхнеушкотинского массива, входящими в Адамовский интрузивный комплекс (Старков, Знаменский, 1977).

Минеральный состав лейкократовых гранитов (%): кислый плагиоклаз (40-60), кварц (30-35), калиевый шпат (20-40), мусковит (до 10), а также хлорит, гематит, акцессории.

В профиле коры выветривания лейкократовых микроклиновых гранитов верхняя зона сложена нормальными (бесщелочными) каолинами мощностью до 40 м (среднее 12 м), ниже которой располагается подзона щелочного каолина средней мощностью 10 м (2-28 м), которая сменяется дресвяно-глинистыми и глинисто-щебенистыми продуктами выветривания.

Выделено три природных типа белочетных и светлоокрашенных элювиальных каолинов: 1 – нормальные по лейкократовым микроклиновым гранитам, 2 – щелочные по тем же гранитам, 3 – нормальные по мезократовым биотитовым гранитам и гранодиоритам. Каолины названных типов образуют пространственно обособленные тела, отличающиеся особенностями своего вещественного состава (Табл. 4). Как видно, каолины по мезократовым гранитоидам обычно менее качественные ввиду повышенных содержаний в них оксидов железа и титана. Вариации химического состава каолина-сырца зависят от содержа-

№ залежи	Параметры			Запасы, ресурсы	
	длина	ширина	мощность	категория	тыс.т
1	2800	300-1600	12,7	C ₁ +C ₂	38494
2	1300	300-450	9,8	C ₂	4339
3	1100	400	13,7	C ₂	6732
4	600	500	7,5	P ₁	1130
5	500	200-250	7,4	P ₁	1666

Табл. 3. Характеристика залежей Южно-Ушкотинского месторождения.

Природные типы каолина	Химический состав, масс %					Минеральный состав, %			
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	K	Kв	Mк	Mc
1	66-73	0,1-0,2	18-22	0,5-0,8	< 0,1	45-50	48-52	1-2	1-5
2	65-74	0,1-0,15	15-22	0,3-0,7	2-5,5	30-35	45-48	18-20	1-10
3	56-69	0,3-0,8	22-29	0,3-1,5	0,1-0,25	55-65	30-40	1-2	1-2

Табл. 4. Сопоставление главнейших характеристик вещественного состава природных типов каолина-сырца. К – каолинит, Кв – кварц, Мк – микроклин, Mc – мусковит.

ния в нем главнейших минеральных компонентов. Для щелочных каолинов характерны повышенные (более 2%) содержания K₂O и пониженная потеря массы при прокаливании. Каолины по плагиогранитам и гранодиоритам имеют несколько пониженные содержания SiO₂, однако содержат при этом несколько повышенные количества Fe₂O₃ и TiO₂. Содержание последних заметно влияет на окраску каолина: при содержании в сырце более 1,5% Fe₂O₃ к серовато-белой или светло-серой окраске добавляются желтые и кремовые оттенки. При еще более высоких содержаниях Fe₂O₃ в окраске каолина проявляются розовые тона.

Для каолина-сырца разработаны (ООО «Керамическое бюро», г. Южноуральск) следующие технические условия: содержание Al₂O₃ не менее 20%, Fe₂O₃ не более 0,9%, TiO₂ не более 0,5%, CaO не более 0,5%, потеря массы при прокаливании не более 10%. При обогащении средний выход фракции менее 63 мкм составил для первого природного типа каолина-сырца от 41-51% (среднее – 45,7%), а для третьего природного типа до 45,7-65,8% (среднее – 57,5%). Для щелочных каолинов выход обогащенного продукта наиболее низкий – в среднем 39% (23,1-49,7%). Из запасов каолина-сырца только первой залежи может быть получено около 18 млн. т каолинового концентрата. Содержание в обогащенном продукте главнейших компонентов химического и минерального состава показано в таблице 5.

При обогащении нормального каолина-сырца в полученном продукте доминирует каолинит с примесью тонкозернистого кварца, микроклина, серицита, анатаза. В незначительном количестве наблюдаются смешанослойные минералы ряда гидрослюда / монтмориллонит. В продукте обогащения щелочного каолина наряду с каолинитом присутствуют в существенных количествах микрочастицы микроклина и чешуйки серицита, в связи с чем в них наблюдается повышенное содержание K₂O (в среднем 3%). В отдельных пробах обогащенного щелочного содержания серицита достигает 25,5%, калиевого полевого шпата 42%.

Показатель упорядоченности структуры каолинита (индекс Хинкли) составляет 0,8-0,9, достигая в отдельных случаях 1,0-1,2. Тонкочешуйчатая слюда представлена полиморфом 2M₁. Наиболее дисперсными являются продукты обогащения щелочных каолинов: в них содержание

частиц менее 2 мкм 35-67%. Для нормальных каолинов этот же показатель составляет 20-43%. Можно предположить, что в более высоких горизонтах профиля выветривания имеет место перекристаллизация каолинита.

Свойства обогащенного каолина

находятся в функциональной зависимости от химического и минерального состава, дисперсности, особенностей кристаллохимии каолиновых минералов. Лимитирующим показателем для обогащенного каолина является его белизна (% отражения света в голубой части спектра) как в сухом состоянии, так и после обжига (Табл. 6). До обжига более низкую белизну имеет обогащенный каолин, полученный из сырья третьего природного типа. При обжиге обогащенные нормальные каолины несколько повышают свою белизну, а продукт обогащения редко наблюдаемых на месторождении щелочных каолинов белизну снижает, что обусловлено присутствием повышенных содержаний микроклина.

Обогащенный каолин Южно-Ушкотинского месторождения явно непластичен или малопластичен, и, соответственно, проявляют низкую механическую прочность на изгиб в сухом состоянии с разбросом значений от 0,15 до 2,25, наиболее часто 0,6-0,7 МПа. Преобладают пробы с достаточно высоким порогом структурообразования 1,1 г/м³ и выше, что свидетельствует о возможности получения устойчивой суспензии каолинита с приемлемой плотностью. Около 30% проб отнесено к трудно разжижаемым каолинам. Керамические свойства обогащенного каолина при обжиге до 1350°C: полная усадка – 9,2-16,8%, водопоглощение после обжига, во многом зависящее от содержания K₂O, в среднем составляет 14%, что свидетельствует о преобладании неспекающихся разностей. Огнеупорность обогащенного каолина в среднем 1750°C, при повышенных содержаниях K₂O (2% и выше) обогащенный каолинит соответственно имеет огнеупорность от 1730°C и ниже.

Песчаные отходы обогащения могут послужить источником ценных коммерческих продуктов – высококалийного микроклина, светлой мелкочешуйчатой слюды, чистого кварца, что может существенно повысить ценность каолинового сырья. Из подсчитанных на Южно-Ушкотинском месторождении запасов могут быть использованы для производства керамических изделий – 65,3% (22% для фарфора); бумаги и картона – 51,3%; огнеупорной продукции – 83%, резины, пластмасс и пр. – 98,6%.

Следует добавить, что гидрогеологические, инженерно-геологические и горнотехнические характеристики месторождения благоприятствуют открытой разработке каолинов. Об этом свидетельствует малая глубина залегания каолинов, удовлетворительная устойчивость вскрыши-

Природный тип каолина	Выход фракции < 63 мкм, % масс	Коэф-т белизны	Химический состав, % масс						Минеральный состав, %				
			Среднее содержание						К	Кв	Mк	Mc	ССМ
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	П.п.п.					
1	45,7	78,2	48,4	0,12	35,9	0,76	0,82	13,0	88	6,5	0,5	5	-
2	39,87	76,8	51,3	0,13	32,86	0,81	3,11	11,0	77	7	9	7	сл.
3	57,5	72,4	48,7	0,83	35,95	0,86	0,18	13,4	90	5	0,5	5	2

Табл. 5. Химический и минеральный состав обогащенного каолина. К – каолинит, Кв – кварц, Мк – микроклин, Mc – мусковит, ССМ – смешанослойный минерал.

Коэффициент белизны	Природные типы каолина		
	1	2	3
Среднее	78,2/80,6	76,8/67,6	72,4/80,4
Максимальное	88,2/87,5	85,5/80,5	84/86
Минимальное	58,3/74,1	59,5/45,5	52/64
Станд. отклонение	7,9/4,7	6,0/7,3	11,2/6,6
Коэфф. вариации	10,1/5,8	7,8/10,8	15,5/8,2

Табл. 6. Коэффициент белизны обогащенного каолина. * числитель – для сухого каолина, знаменатель – для прокаленного.

ных пород и каолинов, незначительный приток подземных вод в горные выработки (максимально – 1,04 м³/сутки). Благоприятное географическое положение, малая удаленность от железнодорожных путей, обнадеживающие параметры состава и свойств, наличие достаточно развитой инфраструктуры определяют целесообразность скорейшего освоения месторождения.

Перспективы Ушкотинского каолиноносного района далеко не исчерпаны, имеются проявления: Средне-Ушкотинское, Богоявленское и др. Своеобразны каолины Саздинского проявления, где в каолиновом элювии гнейсов и разгнейсованных гранитоидов содержится в среднем 15-18 % мелкочешуйчатого мусковита (Горбачев и др., 2007).

Адамовский каолиноносный район расположен в северной части Оренбургской области и приурочен к Адамовской структурно-формационной подзоне. Крупных залежей, заслуживающих внимания на его площади не обнаружено. Имеются лишь проявления, прогнозные ресурсы которых отнесены к категории Р₂. Наиболее значительные из них связаны с корой выветривания гранитов: Екатеринбургское, Шильдинское, Теренсайское. По имеющимся сведениям качество каолинов позволяет использовать их в обогащенном виде для производства фаянса. Суммарные прогнозные ресурсы этих проявлений могут представлять интерес, принимая также во внимание, что они расположены в освоенном районе вблизи железной дороги.

Следует признать, что Адамовский каолиноносный район по сегодняшним меркам изучен явно недостаточно и заслуживает возобновления поисково-оценочных работ. При этом основное внимание следует уделить изучению каолиновой коры выветривания сформированной на лейкократовых гранитах малых массивов. Крупные массивы (Адамовский, Суундукский) менее перспективны, поскольку в их пределах верхняя (каолиновая) зона коры выветривания сохранилась лишь на участках незначительных по площади. Оценка прогнозных ресурсов для всей площади Адамовского района не проводилась.

Текельдытаусский каолиноносный район. Территориально район почти полностью соответствует одноименной структурно-формационной зоне, в геологическом строении которой принимают участие (Горбачев и др., 2012) два вещественно-структурных этажа: рифейско-палеозойский и постпалеозойский (мезокайнозойский). Нижний этаж (фундамент эпигерцинской платформы) разделен региональным Желтинским разломом на две горст-антиклинальные структуры – Джанабайскую на северо-западе и Обалькольскую на юго-востоке. К первой из них приурочены массивы гранитоидов джабыгасайского комплекса (поздний девон), во втором преобладающее значение имеют гранитоиды шалкарского комплекса

(ранняя пермь). Последние являются вероятнее всего продуктом ультраметаморфизма (палингенез), о чем свидетельствует слабая проявленность или отсутствие в них полисинтетического двойникования у плагиоклазов, минимальное содержание светлой слюды и аксессуариев (дефицит летучих компонентов). Вмещающими для гранитоидов являются (Водорезов, 1963) метаморфиты бескряковской толщи (рифей), ортогнейсы крыклинского комплекса (нижний палеозой) и тоналиты, диориты, габбродиориты джабыгасайского комплекса (средний палеозой). Верхний этаж (чехол молодой платформы) представлен слабо литифицированными образованиями мезозойской (меловой) линейно-площадной коры выветривания и континентальными отложениями кайнозоя. Полнопрофильные фрагменты коры выветривания с залежами каолина приурочены к возвышенным участкам местности (абсолютные отметки не менее 215 м и не более 225 м). Примером служит месторождение Ковыльское, расположенное на южном фланге Обалькольского массива гранитоидов, в 12 км западнее г. Светлый и в 2,5 км севернее железнодорожной трассы Орск – Рудный Клад.

На месторождении среди исходных пород преобладают лейкократовые массивные или умеренно разгнейсованные плагиограниты. Нормальные микроклиновые граниты встречаются локально, образуя дайкоподобные и жильные тела, ввиду чего доля щелочных каолинов на месторождении составляет не более 5%. Залежи белоцветных и светлоокрашенных каолинов приурочены к верхней зоне профиля коры выветривания по лейкократовым плагиогранитам шалкарского комплекса и вмещающим их мигматизированным разгнейсованным гранитоидам более древнего возраста. Средняя мощность каолина – 15,2 м (максимальная – 30 м), тот же показатель для перекрывающих каолины неогеновых и четвертичных образований – от 0,1 до 3-5 м.

По унаследованным от исходных пород текстурным признакам выделены (Gorbachov et al., 2009) основные природные типы каолина-сырца, сформированные выветриванием 1) гнейсов крыклинского комплекса, 2) мигматитов того же комплекса и гнейсогранитов джабыгасайского комплекса, 3) плагиогранитов шалкарского комплекса. Провести между каолинами разного типа выдержанные границы в большинстве случаев затруднительно. Вещественный состав каолина каждого из природных типов варьирует по причине переменчивого содержания минеральных компонентов в исходных породах. Ввиду этого сопоставление природных типов каолина проведено по глинистым продуктам их обогащения (Табл. 7).

Каолин-сырец окрашен в основном в светлые тона от белого до желтовато-кремового, местами наблюдается обохривание. В каолиновом микрокристаллическом агрегате, сформированном при выветривании плагиоклаза и биотита, присутствуют более крупные чешуйки каолинита (до 0,5 мм) и таблитчатые, сноповидные и вермикулярные (до 1 мм) их сростки. В нормальных каолинах содержание SiO₂ варьирует в пределах 53-72 %, Al₂O₃ – 17,5-32,5 %, K₂O – не выше 2%; в каолинах щелочных SiO₂ – 68-71 %, Al₂O₃ – 18-21 %, K₂O – более 2%. При содержании в сырце более 2% Fe₂O₃ его обогащение не приводит к получению кондиционного обогащенного продукта (каолинового концентрата). Минеральный состав каолина-сырца: каолинит – 35-72 %, кварц – 27-59 %, калиевый полевой

Природный тип	Доля в запасах, %	Содержание в обогащенном продукте, %						Выход фракции <63 мкм, %	Содержание, %	
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	П.п.п.		Кварц	Каолинит
1 – Апогнейсовый	15	48,7	35,1	0,8	0,85	0,7	13,25	44,7	7	91
2 – Апомигматитовый	30	47,4	36,5	0,82	0,77	0,3	13,65	50,4	4	94
3 – Апоплагиогранитовый	55	46,3	37,6	0,89	0,61	0,2	13,85	55,7	2	96

Табл. 7. Усредненные характеристики природных типов каолина по продукту их обогащения.

Залежь	Площадь в плане, тыс.м ²	Средняя мощность каолина, м	Объем кондиционного каолина, тыс. м ³	Влажность сырца, %	Плотность каолина, т/м ³		Запасы категорий C ₁ +C ₂ , тыс.т	
					сырца	сухого	сырца	сухого
Западная	348,70	16,54	5767,50	9,39	1,81	1,64	10439,17	9458,70
Центральная	486,34	15,69	7347,83	9,39	1,81	1,64	13299,56	12050,43
Восточная	541,4	13,14	7114,87	9,39	1,81	1,64	12877,92	11668,39
Итого по месторождению:							36616,65	33177,52

Табл. 8. Параметры залежей каолина месторождения Ковыльное.

шпат (в щелочных разностях) – до 10%, незначительная примесь светлой слюды и аксессуарных минералов.

Обогащенный каолин (фракция менее 63 мкм) порошковатый однородный материал белого, светло-серого – реже серого цвета, в ряде случаев с цветовыми оттенками: кремовым, реже желтым или розовым. Продукты обогащения с четко выраженной окраской являются некондиционными. Выход обогащенного продукта варьирует от 18,3 до 92,4%, преобладающие значения 45-60 % (в среднем 50,3). Пробы с выходом обогащенного продукта менее 35% составляют всего 9% от числа всех проб. При обогащении содержание TiO₂ и Fe₂O₃ в обогащенном продукте несколько возрастает по сравнению с каолином-сырцом, аналогично изменяется и белизна.

Средний химический состав обогащенного каолина (% масс): SiO₂ – 47,5; TiO₂ – 0,8; Al₂O₃ – 36,5; Fe₂O₃ – 0,75; K₂O – 0,40; п.п.п. – 13,5. Содержание глинозема в интервале 36-38 % установлено для 60% проб. Содержание Fe₂O₃ менее 1% наблюдается у 76% проб, менее 0,6% – у 46% проб. Содержание TiO₂ довольно высокое, однако оно может быть несколько снижено при проведении обогащения по граничному зерну 20 мкм. Содержания K₂O менее 1% свойственны 88% проб и лишь у 4,5% проб превышает 2%.

В минеральном составе обогащенного каолина содержание каолинита 80-98% в зависимости от присутствия большей или меньшей примеси других минералов. Каолинит имеет высокую степень структурной упорядоченности, часто превышающую 1,0, в ряде случаев достигающую 1,6-1,7 (индекс Хинкли). Тонкоалевритовый кварц, анатаз, калиевый полевой шпат, слюда обычно присутствуют в обогащенном каолине в незначительных количествах. В случаях, когда каолин развит по мезократовым породам типа тоналита, обычным является присутствие монтмориллонита, содержание которого в ряде случаев достигает 30%.

Средний коэффициент белизны у обогащенного каолина составляет 76,3%, при этом у 30% проб он превышает 80%. Обогащенный каолин можно отнести к малопластичному среднедисперсному глинистому сырью (преобладание частиц размером 10-20 мкм), неспекающемуся, с температурой плавления выше 1700°C. При

прокаливании до 1250°C белизна обогащенного каолина повышается на 8-10 %.

При проведении геологоразведочных работ выделено три разобнесенные залежи кондиционных каолинов. Расположены они в субширотной полосе, отличающейся наибольшей сохранностью полнопрофильной коры каолинового выветривания. Залежи имеют сложную конфигурацию, в их границах мощность коры выветривания достигает 50 м, мощность зоны каолина – 30 м. Характеристики залежей приведены в таблице 8.

Запасы каолина-сырца (кат. C₁+C₂) месторождения Ковыльное – 36,6 млн.т. Можно ожидать, что при их переработке можно получить не менее 15 млн.т обогащенного каолина. Химический состав и белизна обогащенного каолина залежей имеют незначительные отличия (Табл. 9).

Каолины Ковыльного месторождения с учетом особенностей их состава пригодны для получения сортов обогащенного каолина, представляющих интерес, прежде всего, как керамическое и огнеупорное сырье (72% запасов), наполнитель при изготовлении бумаги (62%), наполнитель в производстве резины, пластмасс и пр. (98,6%).

Практическое отсутствие в обогащенных каолинах месторождения Ковыльное серицита и микроклина определяет привлекательность их использования для получения метакаолина. На примере месторождения Ковыльное представляется возможным выделить в пределах Мугоджарской каолиноносной субпровинции особого минерально-промышленного подтипа месторождений элювиальных каолинов (Васянов и др., 2012), для которых характерным являются устойчиво низкое содержание оксида калия, соответственно, практическое отсутствие калийсодержащих

Залежь	Выход фракции < 63 мкм, %	Содержание, %				Коэф-т белизны, %
		Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	
Западная	54,4	36,54	0,89	0,65	0,51	74,4
Центральная	51,5	36,28	0,82	0,83	0,38	77,3
Восточная	47,6	36,60	0,74	0,77	0,45	76,7
Итого по месторождению	51,2	36,47	0,82	0,75	0,44	76,1

Табл. 9. Коэффициент белизны каолина и содержание в нем главных компонентов химического состава (средние оценки).

№ п/п	Природный тип	Разновидность каолина	Выход обогащен. продукта	Коэффициент отражения (белизны), %	Содержание, %					П.п.п.
					SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	
I	Каолин нормальный	по лейкограниту	53-55	83-88	47-48	0,32	37-38	0,55	0,6-0,7	13,3
		по мезограниту	42-52	80-84	47-48	0,35	35-37	0,7-0,8	1,2-1,4	12,5
		по лейкоплагиограниту	55-58	70-80	46-47	0,45		0,8	0,4	13,8
II	Каолин щелочной	по лейкограниту	46-48	65-86	47-49	0,3	36,4	1,4	2,0	12,6
		по мезограниту	37-40	65-76	48	0,4	36,0	1,4	1,9	

Табл. 10. Характеристика продуктов обогащения природных типов и разновидностей каолина на Коскольской площади.

минералов (серицит, калиевый полевой шпат). Выгодное расположение месторождения непосредственно у железной дороги, наличие поблизости развитой инфраструктуры позволяют высказать мнение, что оно заслуживает внимания потенциальных недропользователей и привлекательно для лицензирования. Освоение каолинов месторождения Ковыльное несомненно явится побудительным мотивом для поисков новых залежей подобного сырья.

Щелочные каолины слюдяного подтипа Джанабайской структурно-формационной подзоны (проявления Джасай, Курган и др.) в связи с характерным для них высоким содержанием железистого серицита (до 20-25 %) могут получить применение лишь в составе масс для изготовления строительной керамики, подобно каолинам разрабатываемого в Ушкотинском каолиноносном районе Киямбаевского месторождения.

Коскольский каолиноносный район расположен в западной части Троицко-Буруктальской структурно-фациальной зоны, в 8 км южнее пос. Блак. Выделен в качестве перспективного в отношении каолиноносности при проведении геологического доизучения, в ходе которого несколькими скважинами была вскрыта светлоокрашенная каолиновая кора выветривания гранитоидов Коскольского массива, занимающего большую часть площади каолиноносного района. Это полихронный плутон, имеющий в плане овальную форму, близкую изометрической. В периферической части массива расположены породы коскольского габбро-диорит-плагиогранитового комплекса. Ядро плутона содержит интрузию более позднего, шалкарского (ранняя пермь), гранодиорит-гранитового комплекса, включающего граниты и плагиограниты среднезернистые до крупнозернистые, лейкократовые и мезократовые, а также гранодиориты. Практически на всей площади массива присутствует кора каолинового выветривания. Мощность каолиновой зоны в профиле выветривания – от 6 до 57 м (средняя – 20 м). Каолины имеют белую, светло-серую и светло-желтую окраску, на этом фоне наблюдаются пятна, гнезда и полосы каолинов, окрашенных в красные, малиновые и бурые тона, особенно проявлено ожелезнение в самых верхах каолиновой зоны (горизонт инфильтрации мощностью от 0,5 до 1,5 м). Перекрыты каолины плиоцен-четвертичными отложениями мощностью от 0,2 до 14 м (средняя – 5,0 м).

Зональное строение полного профиля коры выветривания проявляется в зависимости от структурно-вещественных особенностей исходных пород. Довольно часто зональность, характерная для коры выветривания гранитов, нарушается присутствием щелочных каолинов слюдяного подтипа на разных уровнях ее профиля. Это связано с дискретностью интенсивной автометаморфической

серицитизации материнских плагиогранитов. Наибольшая мощность зоны светлоокрашенных каолинов характерна для коры выветривания по лейкократовым гранитам и плагиогранитам. Каолины по гранодиоритам, толеитам, кварцевым диоритам представляют меньший интерес по причине повышенного содержания в них оксидов железа и титана, соответственно, пониженной их белизны.

Выделено два основных природных типа каолина: 1) нормальный каолин, 2) щелочной каолин (Табл. 10). При обогащении каолина выход фракции менее 63 мкм у 80% проб составляет от 40 до 60% (средний – 52%). В нормальном обогащенном каолине (K₂O менее 2%) содержание каолинита варьирует от 75% до 95%, в щелочном обогащенном каолине (K₂O от 2% и более) – каолинита от 50% до 80%. Тонкочешуйчатый серицит постоянно присутствует в обогащенном каолине в количествах от 1 до 35%, максимальные его содержания – в щелочных обогащенных слюдяных каолинах. Щелочные каолины, содержащие калиевый полевой шпат, установлены в малом числе проб (около 5%). Минералы оксида железа представлены преимущественно дисперсным гетитом, часть железа изоморфно входит в структуру серицита, в меньшей мере – каолинита.

В итоге проведенных поисковых работ в контуре Коскольского участка выявлено 5 разобщенных залежей элювиальных каолинов с суммарными оцененными ресурсами (категории P₂+P₁) около 400 млн. т. Ресурсы наиболее крупной из залежей (№3), имеющей достаточно сложную конфигурацию, составляют 234 млн. т (кат. P₁) каолина-сырца. Средний выход обогащенного каолина – 48%. Эта залежь в первую очередь заслуживает постановки геологоразведочных работ оценочной стадии.

Таким образом, Оренбургская область Приволжского федерального округа располагает крупными ресурсами и разведанными, но неосвоенными запасами легко обогащающихся элювиальных каолинов. При правильно выверенной инвестиционной политике, в течение ближайших десятилетий на имеющейся сырьевой базе может быть сформирован, с учетом возможностей современных технологий, горно-промышленный комплекс, специализированный на добыче и обогащении каолина, а также получении производных каолиновых продуктов (метакаолин, каолиновый шамот, премиксы и пр.). В состав этого комплекса могут органично войти предприятия по производству различных материалов и изделий с использованием обогащенного каолина и каолиновых продуктов.

Формирование и развитие подобного горно-промышленного комплекса, несомненно, будет способствовать повышению экономического статуса Оренбургской области в целом и социально-экономическому развитию восточных ее районов, в особенности.

Литература

Gorbachev B.F., Vasyanov G.P. et al. The Kovyl'ny eluvial kaolin deposit (the Orenburg region): material composition and effective directions industrial development. *Int. Conf.: «Clays, clay minerals and layered materials»*. 2009. 260 p.

Васянов Г.П., Горбачев Б.Ф. Урало-Мугоджарская каолиноносная провинция. Месторождения каолинов СССР. М: Недра. 1974. С. 65-93.

Васянов Г.П., Горбачев Б.Ф., Чечулина Ю.В., Шмельков Н.Т. Месторождение элювиальных каолинов Ковыльское на востоке Оренбургской области. *Отечественная геология*. №5. 2012. С. 11-19.

Водорезов Г.И. Магматизм и метаморфизм докембрия Мугоджар. *Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала*. Свердловск. 1963. С. 157-165.

Горбачев Б.Ф., Васянов Г.П. Каолины Мугоджар и закономерности их размещения. *Литология и полезные ископаемые*. №5. 1974. С. 18-26.

Горбачев Б.Ф., Кинаш Н.В., Лисов А.С., Чечулина Ю.В. Каолиноносность Текельдытаусской структурно-формационной зоны Восточно-Уральского поднятия. *Разведка и охрана недр*. №5. 2012. С. 40-47.

Горбачев Б.Ф., Лузин В.П., Лисов А.С., Шильников А.А. Слюдистые каолины Орского Зауралья как перспективный вид сырья для получения мелко- и микрозернистого мусковита. *Отечественная геология*. №6. 2007. С. 20-26.

Горбачев Б.Ф., Чуприна Н.С. Каолины России: состояние и перспективы развития сырьевой базы. *Отечественная геология*.

№ 4. 2009. С. 74-86.

Горбачев Б.Ф., Шарапов А.Ф., Лядский П.В., Шмельков Н.Т. Южно-Ушкотинское месторождение элювиальных каолинов на юго-востоке Оренбургской области. *Литология и полезные ископаемые*. №5. 2004. С. 476-490.

Нарвайт Г.Э. О широтных структурах Западных Мугоджар. К проблеме связи Урала и Тань-Шаня. Алма-Ата. 1970.

Старков В.Д., Знаменский Н.Д. Гранитоидный магматизм Восточно-Мугоджарского поднятия. М: Наука. 1977. 132 с.

Сведения об авторах

Борис Федорович Горбачев – канд. геол.-мин. наук, ведущий сотрудник ФГУП «ЦНИИгеолнеруд», лауреат Государственной премии РТ в области науки и техники

Геннадий Павлович Васянов – старший сотрудник ФГУП «ЦНИИгеолнеруд», лауреат Государственной премии РТ в области науки и техники

Елена Валерьевна Красникова – младший научный сотрудник ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»

ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых» («ЦНИИгеолнеруд»)

420097 г. Казань, ул. Зинина, 4. Тел: (843) 238-93-24.

Kaolin Deposits of Trans-Urals Orsk Area Raw Material Base for the Formation in the Volga Federal Region of Specialized Mining Industrial Complex

B.F. Gorbachev, G.P. Vasyanov, E.V. Krasnikova

Central Research Institute of Geology of Non-metallic Mineral Resources (FSUE «TsNIIgeolnerud»), Kazan, Russia
e-mail: root@geolnerud.net

Abstract. The need for developing and strengthening the mineral resource base of kaolin determines development of such resources in Mugodzharska sub-province of primary (eluvial) kaolin reserves in South-Ushkotinsky and Kovyl'ny fields. Reliable resource base is a significant reason for the formation of mining complex in the eastern Orenburg region, specific with respect to mining and industrial use of kaolin. Geological and prospecting operations established in recent years potential further strengthening of kaolin resource base. This is confirmed by newly discovered Koskolsky kaolin area in the eastern Orenburg region, within which discovery of large deposits of high-quality eluvial kaolin can be expected. Koskolsky area deserves to continue exploration evaluation works.

Keywords: kaolin, resources, field, Orenburg region, Mugodzharska.

References

Vasyanov G.P., Gorbachev B.F. Uralo-Mugodzharskaya kaolinonositelnaya provintsiya. Mestorozhdeniya kaolinov SSSR [Ural-Mugodzharska kaolin Province. Kaolin deposits of the USSR]. Moscow: «Nedra» Publ. 1974. Pp. 65-93.

Vasyanov G.P., Gorbachev B.F., Chechulina Yu.V., Shmel'kov N.T. Mestorozhdenie elyuvial'nykh kaolinov Kovyl'noe na vostoке Orenburgskoy oblasti [Eluvial kaolin field named Kovyl'noe on the east of the Orenburg region]. *Otechestvennaya geologiya* [Patriotic geology]. №5. 2012. Pp. 11-19.

Vodorzov G.I. Magmatizm i metamorfizm dokembriya Mugodzharska. Magmatizm, metamorfizm, metallogeniya Urala [Magmatism and metamorphism of the Precambrian Mugodzharska. Magmatism, metamorphism, metallogeny of the Urals]. Sverdlovsk. 1963. Pp. 157-165.

Gorbachev B.F., Vasyanov G.P. Kaoliny Mugodzharska i zakonomernosti ikh razmescheniya [Kaolin Mugodzharska and regularity of their location]. *Litologiya i poleznye iskopaemye* [Lithology and natural resources]. №5. 1974. Pp. 18-26.

Gorbachev B.F., Kinash N.V., Lisov A.S., Chechulina Yu.V. Kaolinonositelnost' Tekel'dytausskoy strukturno-formatsionnoy zony Vostochno-Ural'skogo podnyatiya [Kaolin bearing Tekel'dytaussky structurally-formational zones of the East Ural raising]. *Razvedka i okhrana nedr* [Prospect and protection of mineral resources]. №5. 2012. Pp. 40-47.

Gorbachev B.F., Luzin V.P., Lisov A.S., Shil'nikov A.A. Slyudistye kaoliny Orskogo Zaural'ya kak perspektivnyy vid syr'ya dlya polucheniya melko- i mikrozmernistogo muskovita [Micaeous kaolin from the Orsk area, Trans-Urals region, Russia, as a promising source of small and fine-grained muscovite]. *Otechestvennaya geologiya* [Patriotic geology]. №6. 2007. Pp. 20-26.

Gorbachev B.F., Chuprina N.S. Kaoliny Rossii: sostoyanie i perspektivy razvitiya syr'evoy bazy [Kaolin Russia: state and prospects of development of raw material base]. *Otechestvennaya geologiya* [Patriotic geology]. № 4. 2009. Pp. 74-86.

Gorbachev B.F., Sharapov A.F., Lyadskiy P.V., Shmel'kov N.T. Yuzhno-Ushkotinskoe mestorozhdenie elyuvial'nykh kaolinov na yugo-vostoке Orenburgskoy oblasti [South Ushkotinskoe eluvial kaolin field in the south-east of the Orenburg region]. *Litologiya i poleznye iskopaemye* [Lithology and Mineral Resources]. №5. 2004. Pp. 476-490.

Narvayt G.E. O shirotnykh strukturakh Zapadnykh Mugodzharska. K probleme svyazi Urala i Tan'-Shanya [On the latitudinal structure of the West Mugodzharska. To the problem of connection of the Urals and Tan Shan]. Alma-Ata. 1970.

Starkov V.D., Znamenskiy N.D. Granitoidnyy magmatizm Vostochno-Mugodzharskogo podnyatiya [Granitoid magmatism of the East Mugodzharska uplift]. Mocsow: «Nauka» Publ. 1977. 132 p.

Information about authors

Boris F. Gorbachev – PhD (Geol. and Min.), Leading Researcher
Gennadiy P. Vasyanov – Senior Researcher
Elena V. Krasnikova – Junior Researcher

Central Research Institute of Geology of Non-metallic Mineral Resources (FSUE «TsNIIgeolnerud»)

420097, Russia, Kazan, Zinina str. 4. Phone: (843) 238-93-24.