

УДК 504.064.45; 622'17

В.И. Лебухов

ПЕРСПЕКТИВЫ УТИЛИЗАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ТЕХНОГЕННЫХ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Приведены результаты исследований глинистых частиц, подверженных естественной деструкции, произошедшей в результате шестимесячного вылёживания глин во влажной среде при положительной температуре. Показано, что деструкция протекает вне рамок классического механизма и сопровождается разрушением частиц поперёк плоскости спайности.

Показано, что естественная деструкция глинистых частиц техногенных месторождений протекает аналогично подмеченному сценарию, что позволяет отнести получаемый при промывке золотоносных россыпей попутный мелкодисперсный илисто-глинистый продукт, к технологически ценному сырью, востребованному современной индустрией.

Ключевые слова: россыпные месторождения, мелкодисперсное гидроминеральное сырьё, глинистые частицы.

Переработка россыпного месторождения гидравлическим способом в экологическом смысле должна рассматриваться как комплекс процессов, влияющих на почву, водные объекты, ландшафт. Все этапы проведения горных работ, начиная с удаления растительного слоя и планировки поверхности, осушения и вскрытия россыпи, вплоть до добычи и обогащения ценного компонента должны сопровождаться мероприятиями, препятствующими загрязнению водных объектов (водотоков, водоемов, подземных вод) но эти мероприятия обычно проводятся некачественно и поверхностно.

Можно выделить три первичных негативных фактора влияния россыпной металлодобычи на гидросферу: перераспределение объёмов поверхностного стока за счёт изменения характера и скорости фильтрации поверхностных вод в подземные горизонты, интенсификации испарения влаги в атмосферу с многократно

увеличенной площади водного зеркала и освобождённого от растительности примыкающего пространства; высокая мутность воды на всём протяжении водотока; загрязнение поверхностных вод растворимыми формами токсичных элементов и тяжёлых металлов. Комбинации первопричин ведут к появлению вторичных негативных признаков: насыщение поверхностных вод мелкодисперсной минеральной фазой и перераспределение объёмов стока способствует заиливанию русла, обмелению рек и ручьёв, возникновению многоруслости водотоков; взвешенные вещества, тяжёлые металлы и токсичные элементы мигрирующие с потоками аккумулируются в существующих биоценозах изменяя и обедняя их. Конечный результат проявляется в значительном сокращении, а в ряде случаев полном исчезновении туводных и проходных видов рыб, оскудении и угнетении флоры и фауны в пойме и на примыкающих склонах,

Таблица 1

Характерный минеральный и гранулометрический (в процентах к массе всего образца) составы тонких фракций песков труднопромывистых россыпей юга Дальнего Востока

Место-рождение	Состав	Массовое % содержание частиц по фракциям (мкм)								
		-74 +40	-40 +20	-20 +10	-10 +5	-5 +3	-3 +1	-1 +0		
Белая гора	каолинит→ м (нач. процесса)	1,58	3,17	11,23	29,54	23,25	20,14	11,09		
Заманчивый	монтмориллонит к→м	18,99	31,51		38,36		11,14			
Колчан	к→м + FeOОН+	13,65	34,34		42,36		9,65			
Кулибино	к→м + гидрослюды	39,50	27,36	20,32	9,58		3,24			
Латышевский	монтмориллонит	1,14	2,69	6,54	9,16	15,27	39,10	26,10		
Лев. Соболинка	гидрослюды	15,66	38,20			46,14				
Мариинский	гидрослюды	35,33			64,67					
Нагима	каолинит гидратизированный	10,19	63,18		28,63					
Наташин лог	каолинит→ гидрослюды	8,77	34,83		56,40					
Ниман	гидрослюды → монтморил	34,80		10,13	28,64	17,11	9,32			
Ольгинский	каолинит гидратизированный	7,65	9,11	32,14	51,10					
Орого	каолинит гидрослюды	2,72	5,94	57,17	14,06	11,53	6,71	1,87		
Песецкий	каолинит измененный	54,00		46,00						
Семи	гидрослюды → монтморил	2,10	3,65	23,16	21,12	17,37	19,87	12,73		
Соболинка	к→м + гидрослюды	9,68	38,82		51,50					
Тракт	гидрослюды→монтморил	49,80		50,20						
Турчик	FeOОН+монтмориллонит	82,54		17,46						
Херпучинка	каолинит гидратизированный	13,28	18,83	27,45	8,67	17,19	12,43	2,15		
Чимкит	монтмориллонит	5,76	4,98	22,63	34,77	19,76	6,36	5,74		
Эватак	монтмориллонит	68,10		39,90						
Южный	каолинит → монтмориллонит	11,20	45,30		43,50					

ускоренном опустынивании территории, уничтожении её биологического и рекреационного потенциала.

Регулируя интенсивность воздействия первопричин можно управлять свойствами гидросферы и связанных с ней геосферных оболочек. Управление перераспределением стоков очень затратно и не всегда осуществимо вследствие специфичности процессов россыпной металлдобычи. Мутность технологической и сточной воды поддается регулировке различными способами. Сравнительный анализ современных методов осветления водно-минеральных дисперсий пока-

зал, что реагентная (флокуляционно-коагуляционная) обработка, при которой мелкодисперсная составляющая может быть выделена, сконцентрирована и складирована отдельно, эффективна, проста в использовании и способна снизить концентрацию взвесей, тяжелых металлов и токсичных элементов в осветленной воде.

Гидромеханизованная разработка россыпей предусматривает раздельное складирование крупных и мелких фракций песков: крупные фракции галечника и щебня образуют крутые высокие валы, мелкие фракции песков сливаются в виде пульпы

Таблица 2

Цвет природных железооксидных пигментов и их источники [1]

Цвет	Торговое наименование	Особенности минерала и его традиционные мировые источники
Желтый и желтовато-коричневый	Желтая охра, римская охра, китайский желтый	Устойчивый, непрозрачный Южная Африка, Франция (Картерсвилль), Китай, США (Джорджия, Виргиния, восток Пенсильвании)
Красный и красновато-коричневый	Персидский красный, испанский красный	Устойчивый, непрозрачный о. Ормуз, (Персидский залив), Испания; США (Железный рудник Мазер, Мичиган)
Коричневый	Сырая умбра (названа по району Умбрия, Италия)	Устойчивый; сырая умбра обжигается для удаления органического материала, окисления железа до Fe_2O_3 и производства жженой умбры (Кипр)
Темно-коричневый		
Темно-желтовато-коричневый	Сырая сиена	Прозрачный, поэтому может использоваться для окрашивания материи; сырая сиена обжигается для получения жженой сиены Сиена (Италия) (охры из Джорджии США иногда называются сиеной)
Яркий красновато-коричневый	Жженая сиена	
Коричневато-черный	Вандейк-коричневый	Содержит гуматы; блекнет до серого на ярком свету Сиена (Италия)

и образуют широкий плоский отвал, а насыщенная тонкодисперсными илисто-глинистыми частицами промывная вода скапливается в специальных отстойниках. Грубая классификация образующихся отходов указывает основные направления их применения: производство закладочных материалов, забутовка горных выработок — 10,7 %; засыпка разрезов, внутренних отвалов карьеров — 6,6 %; производство стройматериалов, отсыпка балласта промплощадок, автодорог, гидротехнических сооружений — 72,2 %; использование на иные нужды — 10 %. Объем производства нерудных строительных материалов в 2003—2005 гг. в стране достиг соответственно 211 и 257 млн м³, при этом в переработку вовлекаются преимущественно крупные фракции вмещающих пород, а мелкодисперсная составляющая расценивается повсеместно как неизбежное зло и при первой же возможности захоранивается.

Концентрируемые в отстойниках промывных и сточных вод россыпных месторождений илисто-глинистые отложения, представленные узкокласифицированной мономинеральной фракцией, способны выступить в качестве ценного исходного сырья в различных отраслях промышленности, в том числе и в индустрии бытовой и строительной керамики. В таблице 1 представлен гранулометрический и минеральный состав тонких фракций песков ряда труднопромывистых россыпей юга Дальнего Востока.

Тонкодисперсные минералы широко востребованы в качестве наполнителей, предназначенных для улучшения физических свойств какого-либо вещества или для снижения расхода более дорогих или редких материалов. Наполнители не растворяют соединение вещества-хозяина и не реагируют с ним. Химическая инертность и абсорбирующие свойства некоторых минеральных наполнителей используются промышленностью по

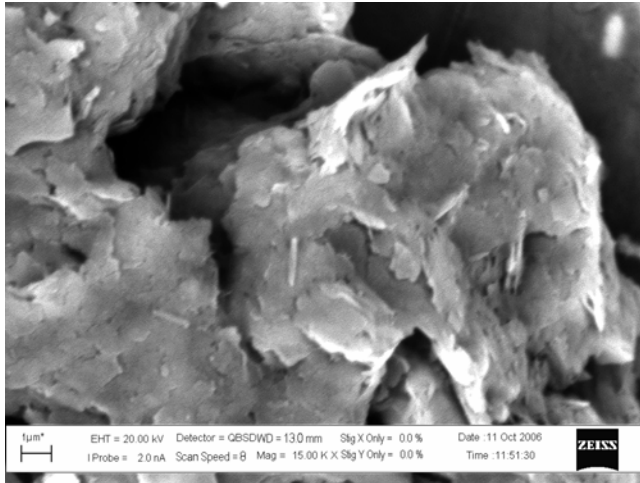


Рис. 1. Микрофотография глинистых частиц техногенного золотоносного месторождения, имеющих ярко-желтую окраску (охра золотистая)

производству пестицидов и удобрений для создания носителей химических соединений. А комбинация носитель — химикат при употреблении в свою очередь разубоживается наполнителями, называемыми разбавителями. Некоторые породы и минералы особенно хорошо удовлетворяют специфическим требованиям к свойствам наполнителей, в их числе каолинит и монтмориллонит, которым преимущественно представлены тонкодисперсные илисто-глинистые фракции, скапливающиеся в отстойниках промывных и сточных вод золотоносных россыпных месторождений. Особые тиксотропные и адсорбционные свойства монтмориллонита востребованы при изготовлении бурительных растворов, обесцвечивающих реагентов, подстилок для животных.

Наполнители могут использоваться как красящие вещества (пигменты или красители). Для минеральных пигментов используемых в плёнообразующих красках исключительно важна однородная тонкозернистость материала (субмикронные размеры) так

как грубые частицы в тонких пленках заметны. В настоящее время в существенных количествах используются природные минеральные пигменты (землистые краски) цвет которых обусловлен наличием гидроксидов железа, к ним относятся охра, сиены и умбры. Составы пигментов могут изменяться в широких пределах. В смеси с ними используют различные количества оксидов марганца, неокрашенные глины, а для получения пигмента «вандейк коричневый» используют и органические вещества в форме гуматов. В таблице 2 приведены характеристики, торговые наименования

и традиционные источники получения природных железооксидных пигментов.

На рис. 1 представлена микрофотография образца глины ярко-жёлтого цвета, полученного из отстойника промывной воды россыпи средней (Белая гора). Частицы глины имеют субмикронные размеры и представлены гидратизированным каолинитом, находящимися в переходной к монтмориллониту форме. Образцы, отобранные с различной глубины (0,5—3 метра) в разных участках поля имеют высокую однородность по дисперсности и цвету и легко растираются в порошок. Краски, приготовленные на их основе, обладают хорошей укрывистостью при удовлетворительной маслоёмкости.

Керамическая промышленность России, основой которой являются глинистые минералы, испытывает серьезные трудности, вызванные низким качеством исходного сырья как по минеральному составу, так и по крупности частиц. Первичное обога-

шение сырья производится только на 5 из 16 эксплуатируемых месторождений каолинов, и не производится на месторождениях строительных глин. Резко снизившееся качество выпускаемой продукции ведёт к значительным потерям в других отраслях. Например, в производстве фарфора потери по техническим переделам составляют в среднем 20—25 % (для электроизоляторов до 20 %, для огнеупоров до 15 %, стекла до 40—60 %). Сроки безремонтной эксплуатации мартеновских и доменных печей сократились в 2—3 раза, частота отключений линий электропередач из-за низкого качества электроизоляторов увеличилась в 10—15 раз. Ещё более грустная картина наблюдается в областях производства бытовой и строительной керамики.

Размер частиц значительно влияет на свойства сырья при производстве керамических изделий. Тонкозернистые материалы, увеличивая пластичность сырья облегчают формование изделий и придают им высокую прочность в высушенном состоянии, тогда как грубозернистые глины малопластичны, а изделия из них обладают высокой пористостью и низкой прочностью, но они быстрее обезвоживаются и дают меньшую усадку при сушке. Шихта, составленная частицами одного размера, имеет примерно 40% объемной пористости (пустого пространства), но при вводе в неё очень тонкозернистого материала, способного заполнить промежутки между грубыми зёрнами, общая пористость смеси будет снижена до 16% объемной пористости, что близко к значениям огневой усадки, необходимой для получения полностью уплотненной керамики. Традиционные трехкомпонентные керамические массы для выделки тонкой керамики содержат 25% тонкодисперсной фазы

(пластичной глины) 25 % грубой глины или каолина и 50 % кварца и полевого шпата. При изготовлении огнеупоров на 70 % грубозернистого наполнителя обычно берут для связки 30 % тонкодисперсной фазы, что обеспечивает достаточно плотную упаковку частиц в изделии. Известно, что по мере повышения содержания в сырье тонкодисперсных (менее 1 мкм) частиц наблюдается увеличение числа пластичности, предела прочности при изгибе, белизны. Содержание частиц размером менее 1 мкм в количестве 41—44 % является оптимальным параметром сырья для производства хозяйственного фарфора, получаемого способами пластического формования и шликерного литья.

В начале XX века существовала теория, что любой материал можно сделать пластичным, если подвергнуть его достаточно тонкому помолу. Однако эксперименты по измельчению кварца, полевого шпата и других минералов её не подтвердили. Глинистые свойства наблюдаются у минералов, со слоистым (пакетным) строением кристаллической решетки. На рисунке 2 показана такая структура. Принято считать, что разукрупнение (диспергирование) глинистых минералов протекает в направлении спайности под действием вклинивающихся молекул воды, образующиеся тонкие пластины «листы» непрочны и имеют склонность разламываться под действием незначительных деформаций. Наиболее удобным объектом для подтверждения такого механизма является монтмориллонит, грани обоих наружных слоев которого состоят из анионов O^{2-} , поэтому смежные слои пакетов, будучи заряжены одноименными отрицательными зарядами, определяют слабую связь между пакетами. Благодаря этому, межпакетное пространство монтмориллонита дос-

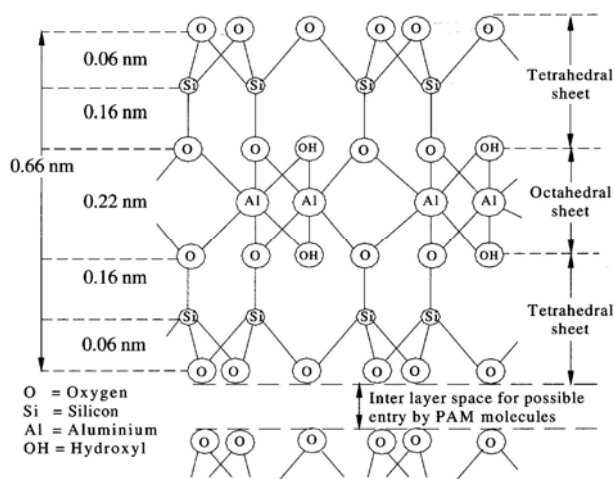


Рис. 2. Структура монтмориллонита

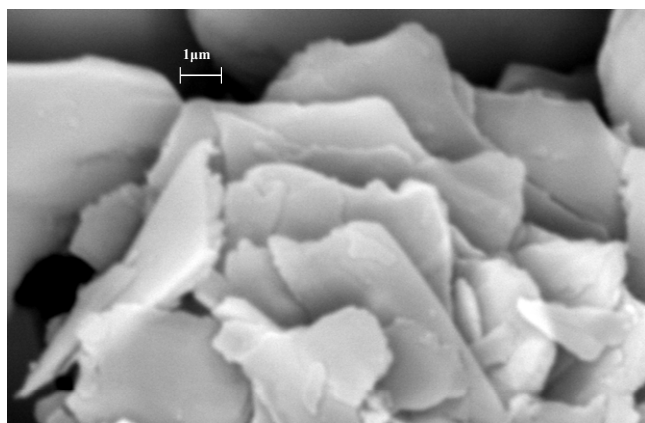


Рис. 3. Исходный образец монтмориллонитовой глины, отобранной с участка Латышевский

таточно велико (9,6—21,4 Е) и может возрастать под действием вклинивающихся молекул воды. Таким образом, кристаллическая решетка монтмориллонита подвижна, что объясняет способность минерала увеличиваться в объеме на порядок, поглощая довольно много воды, и разделяться на очень тонкие листы.

Прямыми измерениями [2] нами сделана попытка установления характера деструкции глинистых частиц,

который протекает при вылеживании глин. На рис. 3 приведена микрофотография образца монтмориллонитовой глины полученной с участка Латышевский и обладающей свойствами, способными подтвердить классическую теорию, основанную на капиллярном расклинивающем давлении воды. На рисунке видно, что частицы глин очень анизотропны, представлены плоскими формами имеющими поперечные размеры 0,5—5 мкм и толщину 10—50 нм, о чем можно судить по степени их «прозрачности» на снимке. Ожидалось, что вылеживание образца глины при положительных температурах и избытке воды приведет к заметному раскрытию пакетов и образованию тонких алюмосиликатных листов.

Наблюдения проводились растровым электронным микроскопом “LEO EVO 40 HV” (Карл Цейс, Германия). Образцы для съемки готовились методом суспензирования глины в спирте с последующим высушиванием и напылением Au, увеличение до 200000. При съемке образцов глинистых минералов дополнительно к детектору вторичных электронов (SE-детектор) был использован детектор обратно рассеянных электронов (QBS-детектор). С помощью QBS-детектора, фазы с более высоким средним атомным числом при получении изображений отражаются в контрасте более ярко по сравнению с фазами с меньшим атомным числом.

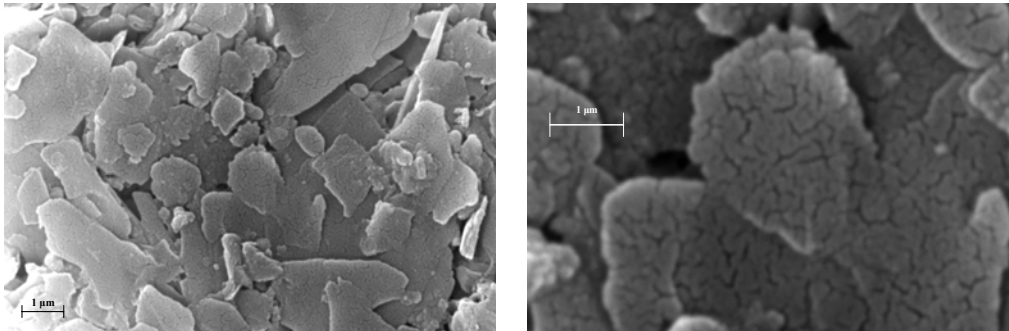


Рис. 4. Образец монтмориллонитовой глины с участка Латышевский, выдержанный в воде 6 месяцев при температуре 10–26 °С (ниже представлен образец в более крупном увеличении)

На рис. 4 приведено изображение (при различном увеличении) того же образца после его полугодовой выдержки во влажном состоянии при положительных температурах. Сравнение двух фотографий показывает, что частицы глины со временем претерпевают значительные метаморфозы. Ожидаемого распада крупных частиц на тонкие слои не произошло. Толщина частиц осталась практически прежней. Но наблюдается их естественная деструкция не вдоль, а поперек плоскости спайности. Поверхность листов покрывается сетью разломов, причем размеры образующихся фрагментов примерно одного порядка (от 10 до 100 нм). Картина разрушения напоминает развитие трещин на поверхности высохших водоемов (глинистых такыров). Аналогичный характер деструкции частиц зарегистрирован нами и на других объектах россыпной золотодобычи. На рис. 5 приведены микрофотографии деструкции образцов, полученных с различных труднопромывистых золотосодержащих россыпей Дальнего Востока.

Природа образования трещин обусловлена совместным воздействием на минерал избытка воды, кислорода, углекислоты и органики, в достатке

присутствующей в воде отстойника. Вскрытие механизма зарегистрированного нами явления требует дополнительных исследований, но характер деструкции позволяет утверждать, что диспергирование глинистых частиц протекает по более сложным законам и не ограничено общепринятой теорией.

В процессе гравитационного обогащения глинистые частицы, гидравлический размер которых ~ 1μ, освобождаются от крупных каменистых фракций (галька, щебень, песок) накапливаются в технологической воде, и медленно осаждаются деструктурируют. Они не менее 6–9 месяцев (продолжительность промывочного сезона) находятся в обводнённом состоянии при положительных температурах и контактируют через воду с атмосферным воздухом. Деструкция глинистых частиц техногенных месторождений подтверждается известным фактом возрастания дисперсности техногенных глин в сравнении с дисперсностью глин в ненарушенных массивах, что позволяет отнести попутный мелкодисперсный илисто-глинистый продукт, получаемый при промывке золотосодержащих россыпей, к технологически ценному сырью, востребованному современной индустрией.

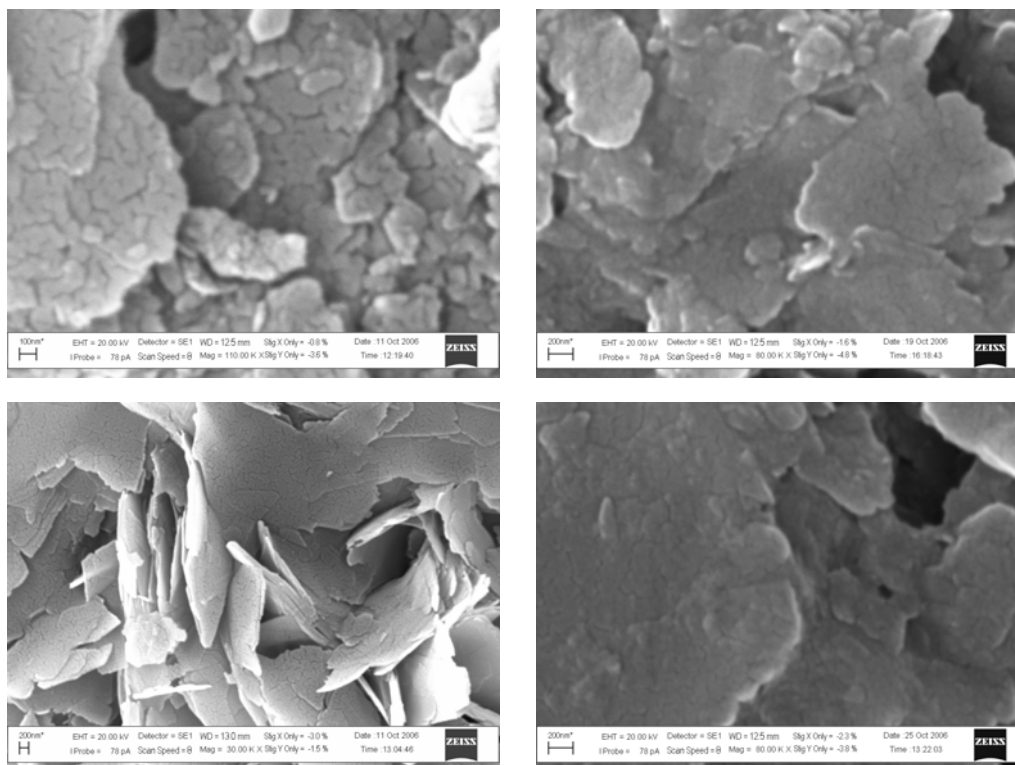


Рис. 5. Образцы деструкции глинистых минералов отобранных с участков: Заманчивый и Соболинка, (верхний ряд); Колчан и Нагима (нижний ряд)

Проведённые лабораторно-технологические испытания показали, что добавка в забалансовую некачественную глину тонкодисперсных илисто-глинистых фракций, выделенных при промывке песков золотоносных месторождений в количестве от 3 до 15 %, позволяет увеличить пластичность керамической массы, улучшить условия её спекания, расширить

температурный интервал спекания и изменить в меньшую сторону параметры усадки на всех технологических стадиях подготовки сырья и изготовления изделий, повысить потребительские свойства конечного продукта за счёт уменьшения размеров образующихся пор и улучшения показателя их водопоглощающей способности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brown C.E. U.S. Mineral Resources: Pigments and Fillers. // U.S. Geol. Surv. Prof. Paper. — 1973. — P. 527—535.
2. Лебухов В.И., Крестьяникова Н.М. Особенности структурирования глинистого

сырья / Актуальные вопросы современной торговли: материалы научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Хабаровск: ООО «АСП Центр», 2007. С. 144—145. **ИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Лебухов Владимир Иванович — кандидат технических наук, доцент, заместитель декана по научной работе и международным отношениям, профессор кафедры товароведения, lebvi@yandex.ru; lebvi@mail.ru, Хабаровская государственная академия экономики и права.