

УДК 662.67

С.К. Мустафин¹, А.Н. Трифионов², К.К. Стручков³

¹Башкирский государственный университет

²Ленинградский государственный университет
им. А.С. Пушкина, гг. Санкт-Петербург - Пушкин

³Северо-Восточный федеральный университет
им. М.К. Аммосова, г. Якутск

ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ - КАК КОМПЛЕКСНОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЁ: РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ.

Рассматриваются особенности геологического строения и состава комплексного минерального сырья горючих сланцевых бассейнов Российской Федерации, Узбекистана и Казахстана. Показано, что различные по времени образования и составу горючие сланцы представляют собой комплексное минеральное сырьё для энергетической и химической промышленности. Решение актуальных задач прогнозирования, оценки и эффективного освоения комплексного минерального сырья нуждается в сочетании возможностей бассейнового анализа, минералого-технологических исследований, моделирования с элементами системного инжиниринга.

Ключевые слова: горючие сланцы, минеральное сырьё, микроэлементы, органическое вещество, сланцевые бассейны.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2021.146

Горючие сланцы (ГС), диктионемовые сланцы (ДС), черные сланцы (ЧС) являются многокомпонентным сырьем, в котором минеральная часть составляет до 50% массы, что обуславливает необходимость знания её состава и свойств для целей прогнозирования процесса комплексной переработки.

Распределение мировых запасов ГС между континентами неравномерно (млрд. т): Азия – 500, Африка – 370, Северная Америка – 220, Южная Америка – 180, Европа – 120, Австралия – 90. Геологические запасы составляют (млрд. т): в США и Канаде – 290, в Бразилии – 115, Китае – 28, Австралии – 25,4, Эстонии – 6,8; мировые извлекаемые ресурсы сланцевого газа оценивались в 160,2 трлн. м³.

Региональное распределение ГС на территории Российской Федерации (РФ) также характеризуется крайней неравномерностью.

Для Прибалтийского бассейна - Эстония, Ленинградская, Новгородская и Псковская области Российской Федерации (РФ)

характеризующегося наилучшим качеством сланцевого сырья (кукерситов), геологические запасы последнего составляют 83,4 млрд т, а балансовые – 7,55 млрд т.

Для Волжского бассейна геологические и балансовые запасы сланцевого сырья оцениваются соответственно (млрд. т): 29,7 / 3, 26.

Для Вычегодского месторождения (Республика Коми, Архангельская и Кировская области) эти запасы составляют (млрд т) – 28,0/-, а для Тимано-Печорского (Республика Коми, Архангельская область) – 6,6 / 0,55.

В Прибалтийском бассейне, на площади 60 тыс. км², выделяются 2 сланцевых горизонта: диктионемовых сланцев (ДС) раннего ордовика и горючих сланцев (ГС) среднего ордовика.

ГС образуют от 4 до 7 слоев; общая мощность пласта Эстонского месторождения – 2,5-3,2 м, Ленинградского – 1,6-1,9 м; глубина залегания 0-120 м. Тела ДС линзообразного строения, вытянуты по простиранию на 1,5-2 км.

Исследованиями распределения Re в пласте ДС на Кайболово-Гостилицкой площади (Прибалтийский бассейн) в скважинах выявлены существенные (в 4-5 раз) различия в содержаниях этого МЭ. Концентрация Re растёт с увеличением содержания органического вещества (ОВ) и уменьшением мощности пласта; пределах бассейна концентрация Re мало контрастна. ДС состоят из минеральной части 85-90% и на 10-15% из ОВ граптолитов и низших водорослей [2].

Как фактор рениевой литохимической специализации ДС выделяют: уникальную палеогеографическую обстановку осадконакопления O_1 времени: режим палеобассейна, наличие области сноса - пород Балтийского щита; благоприятных гидрохимических (полузастойных) условий палеобассейна для развития граптолитов и водорослей, органическое вещество которых связывало Re из морских вод; присутствие в ДС богатого калием вулканогенного материала.

Рениевое оруденение в ДС рассматривается как перспективный геолого-промышленный тип для создания на объектах Прибалтийского бассейна нетрадиционной минерально-сырьевой базы рения [3].

Содержание Re в ДС превышает минимально-промышленное до 5 раз, кларковое в земной коре - до 340 раз, в среднем по скважинам — в 200 раз. Re в ДС может быть связан и с сульфидной минерализацией, поскольку содержание пирита и марказита достигает 6-11%.

Микроанализ методом масс-спектрометрии с лазерной абляцией позволил получить следующие результаты (г/т): Re-0,4-2,3; Zn-13,7-96; Ga-1,15-2,63; Ge-0,43-1,16; As-477-662; Mo-8,35-96,8; Sb-16,3-33,2;

W-0,19-1,77; Au-до0,38; Pb-134-444; Th- 9,52-79,4; U-76-1090.

Исследования сульфидов из ДС дали следующие результаты (г/т): Re-0,022; Cu- 39,7; Zn-62,9; Ga-0,35; Ge-2,0; As-4123,3; Mo-134,4; Ag-0,95; Sb-20,5; W-0,1; Au-0,041; Pb-241,3; Th-4,69; U-941,1; Pt-0,012; P3Э+Y-39,9. Различные значения концентрации Re и сопутствующих ему МЭ в ДС, обусловлены, неоднородностью литогеохимических условий эволюции ДС. Неравномерное распределение Re, U, Th, Cu, As с концентрацией в сульфидах, связано с диагенезом эпигенезом [2].

В западной части Фенноскандинавского щита (Швеция) на месторождениях нижнепалеозойских черных сланцев (ЧС) района Нарке «Кванторп» и «Латорп» в XX в. добывали кероген, Ra, U и Re [25]. Нижняя часть разреза ЧС обогащена алевро-песчаным материалом (до 55%), верхнюю отличает преобладание глинистых частиц (до 65%); содержание органики в сланцах на уровне 15-25%. Минералогические исследования выявили в составе ЧС: каолинит, гидрослюда, монтмориллонит, хлорит, кварц, полевой шпат, апатит, рутил, циркон, монацит, сфалерит, оксиды и гидроксиды железа; зерна самородных золота, платины, меди и медистого никеля. Ранжирование по величине кларков концентрации представляет спектр МЭ в ЧС в следующем виде: Re-700; Ag-12; U-10; Mo-10; Pd-4,7; V-4,2; Pt-3,3; Au-3. Коэффициент накопления МЭ составляет: для Pd – 47, для Co, Ni, Cd – от 15 до 31, для U, Cu, Zn и Re – от 3 до 10 единиц. Наибольший интерес в составе ЧС представляют: Re, благородные металлы, U, V и некоторые халькофильные элементы. МЭ в составе нанофракций ЧС находятся в рассеянном и ультрадисперсном состоянии (коллоидно-солевой форме) [17].

В Волжском бассейне ГС на глубине от 10 до 300 м слагают пласты мощностью 0,7-5,0 м, залегающие со стратиграфическим несогласием на разнофациальных и разновозрастных породах от P₁ до оксфордского яруса J₃. Сложенная глинами, продуктивная толща (23-101,5 м) вмещает прослой ГС мощностью от 0,05 до 12,0 м.

Содержания Re в ГС центральной части Волжского бассейна изменяются от 0,013 до 0,22 г/т. Минимальные промышленные концентрации рения в рудах как сопутствующего компонента составляют 0,05 г/т, а его кларковое содержание – 0,6–0,7 мг/т [15]

Выделяют ГС с пониженным (от 17 до 30%) и с высоким содержанием ОВ — более 30%; кероген имеет сапропелевую природу. Неорганическая часть ГС представлена монтмориллонитом, каолинитом, хлоритом, пелитоморфным и кристаллическим кальцитом, арагонитом. Подчиненное значение имеют кварц, мусковит, полевые шпаты, сульфиды (пирит, марказит). Тяжелая фракция, (4% общей массы), представлена сульфидами, в

основном пиритом. В составе ГС в установлены повышенные концентрации (г/т): Zn- до 1300; Mo- до 0,08; V- до 0,06; Sb-0, 03; Br-200; Re- до 0,8.

Фоновые содержания в ГС установлены для U – 0,001%, Th – 0,005%, La – 0,003%, Ta – 0,0005%. Содержащие Re в отложениях волжского яруса месторождений ГС центральной части Волжского сланцевого бассейна различаются по составу и концентрации полезного компонента (г/т): Коцебинское (ГС) – 0,018– 0,079, Перелюбское (ГС) – 0,013; Кашпирское (ГС) – 0,035-0,081; (ГС с галькой фосфоритов) – 0,016; (разноцветные конгломератоподобные породы с обильными остатками фауны из горелого террикона шахты № 3) – 0,11-0,22; Орловское (ГС с остатками фауны) – 0,027. Перспективы эффективного комплексного освоения минерального сырья, учитывая установленные в ГС повышенные концентрации: Zn – 1160, V – 680, Mo – 180, Co – 120, Ni – 180, Cu – 170 и Ag – 1,6 [15].

Для большинства разрезов Средневожской сланценосной провинции кларковый уровень ряда МЭ превышен в 20-50 раз [22].

На северо-востоке Сибирской платформы горючие сланцы выделяются в составе куонамского горизонта (свиты) ранне-среднекембрийского возраста. Эти отложения развиты на большей части Анабарской антеклизы и сопредельных площадей рассматривается как нефтегазоматеринская свита доманикового типа.

Содержание ОВ в ГС - 13,2-28,4% что обуславливает высокий нефтегенерационный потенциал толщи и концентрации МЭ: Mo, U, Cu, V, Ni, Co, Cr, Sr, Ba и др., определяющие эти отложения как комплексное энергетическое и нетрадиционное минеральное сырьё.

Мощность комплекса ГС от 25-30 м в центральной части Оленекского палеобассейна до 55-60 м на его периферии. Содержание органического углерода ($C_{орг}$) в глинистых аргиллитах достигает 38%.

Средние содержания МЭ в ГС (г/т): Cr-127; Ni-160; Sc-10; Co-13; Ba-1192; Sr-327; повышенные концентрации образуют: V, Mo, U, Cu. Геохимический фон толщи по V – 220 г/т, а в высокоуглеродистых породах бороулахского горизонта - 2277 г/т. Средние концентрации V, Ni, Mo составляющие в ГС, соответственно, 1500, 230 и 100 г/т, в «металлоносном» горизонте повышаются примерно в полтора раза [8].

В составе куонамской битуминозной карбонатно-сланцевой формации битумопроявления образуют темно-бурые пленки и примазки; консистенция битумов, отнесенных к классу асфальтов, от густой вязкой до твердой. Оценён нефтегазоматеринский потенциал куонамской свиты, рассмотрена её металлогеническая специализация. Сапропелевые ЧС обогащены МЭ: Mo, Cu, Se, Ba, V, Ag, Au, Cr и др.

По выходу золы (67-80%) и по её составу сланцы бороулахского

горизонта относятся к высокозольному силикатному типу. Содержание в них Mo, Cd, Bi, V превышает кларковые концентрации на порядок и более. Для Ag, Au, Pb, Zn, Mo, Cu, Sb, As характерны концентрации кратно превышающие кларковые [1].

В среднем ГС по сравнению с ЧС отличаются повышенными концентрациями Li, Be, B, Rb, Ta, Se и пониженными содержаниями Mo, Re, Ag, Au, V, Th, Cu, Hg, W, As, U [20].

К югу от Анабарского щита куонамская свита выходит на дневную поверхность, в юго-западу она погружается до 8 км и более.

Прогнозные запасы ГС Средней Азии до глубины 600 м оцениваются в 93,0 млрд. т, в том числе, в Республике Узбекистан (РУ) 47,0 млрд. т, из которых только в Кызылкумском бассейне сосредоточены месторождения с запасами 24,6 млрд. т [5].

В Сурхандарьинском и Кашкадарьинском вилоятах РУ ГС развиты в отложениях палеогена, в Бухаро-Хивинском регионе и Центральных Кызылкумах – нижнего эоцена, в Северном Приаралье и Северных Кызылкумах – среднего эоцена. ГС РУ уступают кукурситам Прибалтийской провинции по зольности и сернистости, однако превышают по металлоносности (U, Mo, Au, W, Ag, Re, Cd, Se, Cu, Ni, Pb), включая редкоземельные металлы (РЗЭ) и платиноиды [6].

ГС РУ в перспективе могут использоваться как комплексное химическое, энергетическое минеральное сырьё для различных отраслей промышленности. На месторождениях Байсунтау, Сангрунтау, Актау, Учкыр-Кульбешкак, Уртабулак запасы ГС составляют около 1,0 млрд. т. Перспективные проявления ГС выявлены и в других регионах страны [6].

По содержанию ряда редких, РЗЭ и благородных металлов ГС РУ конкурируют с традиционными сырьевыми источниками.

Минерализованная часть ГС содержит широкий спектр минералов, начиная от редких интерметаллидов, до широко распространенных кварца, каолина, кальцита и апатита. В процентном отношении преобладает каолин ~25-27%; кальцита, кварца и серицита более 10 %; доломита, мельниковита, монтмориллонита < 6%. [19].

Высокие концентрации Re в ГС (от 0,2 до 21 г/т), относительная простота его обогащения и извлечения, необычно аномальный коэффициент концентрации по отношению к кларку (от 4000-5000) выдвигают его в ряд перспективных металлов в ГС Узбекистана. По этой причине эти породы иногда называют «рениеносными сланцами».

Металлоносные ГС отнесены к известково-глинистому витрени-то-коллоальголитовому типу с гидрослюдистым веществом; бесструктурной гелефицированной массой, состоящей из коллоальгинита (80-85%)

и витрениита (15-20%) с тонко рассеянными пиритом и пиритомарказит. Содержания металлов прямо зависят от содержания $C_{орг}$; предполагается металлорганическая форма нахождения металлов в ГС. Зольность ГС составляет 50-70%; содержание Re до 10-20 г/т, Mo - 1000-2500г/т.

В эоценовых ГС Юго-Восточных Кызылкумов и Бухара-Каршинского вилоятов среднее содержание рения – 1,5 г/т, кроме этого, в них установлены концентрации V, W, Mo.

На территории Республики Казахстан (РК) ГС наиболее изучены на Кендырлыкском угольном месторождении в Жайсанской впадине. Общие геологические запасы ГС здесь оцениваются в 4,1 млрд. т, в том числе разведанные по промышленным категориям – 20,3 млн. т, С2 – 155 млн. т. Кендырлыкское месторождение может разрабатываться открытым и штольневым способами.

На территории других регионов РК мелкие месторождения ГС (с запасами первые млн. т) известны в Приаралье (Байхожа и др.), Торгае и Алакольской впадине (вместе с бурными углями). Однако из-за низкого качества ГС они не имеют практического значения [4].

Выявлена связь между накоплением пластов ГС и проявлениями вулканической деятельности в регионе [18].

Поскольку «Палеожайсанский» бассейн имел значительные размеры, прогнозируется обнаружение новых залежей ГС, перекрытых чехлом кайнозойских осадков в пределах Жайсанской и Шиликтинской впадин и с-з окончания хребта Манырак, где в позднем палеозое существовали благоприятные условия их седиментогенеза.

Исследованиями ГС бассейнов Республики Казахстан прошлых лет установлено [6]:

1) В разрезе отложений Кендерлыкского месторождения сланценосны кендерлыкская, караунгурская и сайканская свиты.

В кендерлыкской свите пласты ГС сложного строения «Калын-Кара» и «Лучший» приуроченные к основанию разреза свиты. имеют промышленное значение.

Сланец обладает весьма тонкой слоистостью (полосчатостью), обусловленную послойным распределением удлиненных спор, тонких обрывков растительных тканей в виде ксило-фюзена, ксилена и реже витрена. Минеральная часть сланца представлена агрегатами глинистых минералов, иногда кристаллического строения, а также отдельными кристаллами каолинита.

Среднее содержание сланцевой смолы в пласте «Лучший» превышает 10% в отдельных пробах достигая 27%, что благоприятно для получения пиролизного газа, пригодого для производства полимерных

соединений. Пылевидный кокс, полученный при пиролизе ГС, может использоваться как дополнительное топливо с теплотой сгорания до 2430 ккал/кг.

Процесс полукоксования ГС пласта «Лучшего» дает: выход смолы 16—18% на сухой сланец при большом содержании углеводов (УВ). Содержание балластных составляющих не превышает 10—45%, а теплотворная способность 4500—6500 ккал/м³.

2) Сагандыкское месторождение Тарбагатайского района Восточно-Казахстанской области локализовано в раннепермских отложениях мощностью до 240 м, включающих сланценосный горизонт мощностью до 55 м. Строение пластов ГС весьма сложное с тонким переслаиванием аргиллитов, алевролитов и ГС. Продуктивный горизонт содержит две пачки ГС: нижнюю мощностью 3 м при суммарной мощности сланцев 0,33 м и верхнюю, соответственно 2,35 и 1,55 м.

Данные технического анализа ГС: золы (Ас) - 73,6 84,6%, летучих веществ (Ve) - 8,1 —17,5%, серы общей - 0,1 —1,2%. Малая мощность слоев и низкое качество ГС позволяют отнести запасы к группе забалансовых категорий С2 в размере 0,04 млн. т.

3) ГС Тологойского (Кара-Адырского) месторождения в раннепермских отложениях Тарбагатайского района Восточно-Казахстанской области залегают моноклинально с падением на запад под углом 2,5°-35° и ограничены со всех сторон дизъюнктивными нарушениями. Продуктивный горизонт мощностью до 45 м содержит до 16 пластов и прослоев ГС общей мощностью 8,41 м и отдельных слоев от 0,3 до 4,6 м. Исходным ОВ сланца является гумусово-сапропелевый материал с преобладанием сапропелевого. При перегонке ГС получено смолы 10,1%, подсмольной воды 4,8%, газ и потери составляют 4,5%, теплота сгорания сланца 2000 ккал/кг. Общие запасы месторождения на 1 января 1955 г. до глубины 100 м в количестве 2,3 млн. т отнесены к категории возможных (Сз).

4) Байхожинское месторождение ГС Казалинского района Кзыл-Ординской области связано с нижнеэоценовыми отложениями. Месторождение приурочено к синклинальной складке шириной 5—8 км с пологим падением крыльев. Единственный пласт ГС мощностью 0,7—0,8 м имеет сравнительно простое строение. ГС содержат: золу (Ас) 55,5—72,6%, летучие вещества (Ve) 10,3—16,7%, серу общую 1,1—6,7%. Теплота сгорания воздушно-сухого сланца в зависимости от зольности - 2240 - 5820 ккал/кг; выход смолы 3,0—4,05% [6].

Проблема комплексного использования ГС как перспективного энергетического и химического минерального сырья различных сланцевых бассейнов Евразии весьма актуальна и нуждается в проведении всесторонних

исследований, включая региональные и локальные традиционные и прецизионные методы минералого-технологического изучения качества исходного сырья и получаемых промпродуктов и отходов обогащения.

Востребованы приёмы бассейнового анализа и моделирования объектов оценки и разработки с элементами прогнозирования в сочетании с инструментарием системного инжиниринга недропользования всего жизненного цикла горных предприятий [11].

Библиографический список

1. *Арчegov В.Б.* Доманикоидные формации Сибирской платформы – куонамская битуминозная карбонатно-сланцевая формация. — СПб: Записки Горного института, 2011. Т.194. – С.53-59.
2. *Балахонова А.С.* Рениевое оруденение диктионемовых сланцев Прибалтийского бассейна (Ленинградская область). Автореф. диссер.канд. геол.-мин. наук. — СПб: ФГУП «ВСЕГЕИ», 2014. – 22 с.
3. *Балахонова А.С.* Ресурсный потенциал рения в диктионемовых сланцах Прибалтийского бассейна. Материалы IV Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского, 16–20 февраля 2015 г., СанктПетербург, ФГУП «ВСЕГЕИ». – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2015. – 395-399.
4. *Байбатица А.Б.* Геология месторождений полезных ископаемых: Учебник. – Алматы: КазНТУ, 2008. – 368 с.
5. *Бахтуров С.Ф., Евтушенко В.М., Переладов В.С.* Куонамская битуминозная карбонатно-сланцевая формация. Тр. ИГиГ СО АН СССР. – Вып. 671. Новосибирск: Наука, 1988. – 161 с.
6. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Том 11. Горючие сланцы СССР. Коллектив авторов. 1967 г. Месторождения горючих сланцев Казахской ССР (Стр 419-454)
7. *Губин И.А., Таратенко А.В.* Структурная характеристика венд-кембрийских отложений восточной части Северо-Тунгусской НГО по данным сейсморазведки 2D в связи с нефтегазоносностью. Геофизические технологии, № 3, 2018. - С. 14–29.
8. *Зуева И.Н., Каширцев В.А., Чалая О.Н.* Высокоуглеродистые породы куонамской горючесланцевой формации как источник комплексного минерального сырья. Природные ресурсы Арктики и субарктики, 2012.
9. *Илясов В.С., Староверов В.Н., Воробьева Е.В.* Геохимическая характеристика горючих сланцев волжской сланцевосной толщи в связи с прогнозированием промышленных концентраций рения. // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2017. Т.17, вып. 3. – С.165-170.
10. *Лузановский А.Г., Турамурадов И.Б., Туресебеков А.Х.* 2007 г. Перспективные особенности добычи рения и осмия из золото - урановых руд и горючих сланцев Кызылкумов. Горный вестник Узбекистана. №1. 2007. – С. 31-34.
11. *Мустафин С.К., Трифонов А.Н., Стручков К.К., Нестеров Е.М.* Металлоносность толщ сланцевых бассейнов: природа, масштабы, перспективы освоения. Мат-лы междунар. научно-практич. конференции «Актуальные проблемы нефтегазовой геологии и инновационные методы в технологии освоения углеводородного потенциала недр». Ташкент: Изд-во «Навруз», 2019. - С.377-382.
12. *Неженский И.А.* Вещественно-стоимостный анализ минерально-сырьевой базы России и мира. LAP LAMBERT Academ. Publishing, 2012. С. 132.
13. *Прохоренко Г.А., Лузановский А.Г., Артемова Н.М.* Металлоносные горючие сланцы Республики Узбекистан. – Ташкент: Фан, 1999.

14. *Раимжанов Б.Р.* Разработка месторождений металлоносных горючих сланцев скважинным способом. // Вестник «Национальной Академии Горных Наук» - «Вестник НАГН» №3(4) 2018. –С. 25-28.
15. *Самойлов А.Г., Зозырев Н.Ю., Енгальчев С.Ю.* Рений в отложениях волжского яруса центральной части Волжского сланцевого бассейна. Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2017. Т.17, вып. 1. – С.58-61.
16. *Самойлов А.Г., Енгальчев С.Ю., Зозырев Н.Ю.* и др. Ренийность верхнеюрских горючих сланцев центральной части Волжского сланцевого бассейна. Региональная геология и металлогения. 2018. № 75.- С. 67-78.
17. *Фадин Я.Ю., Панова Е.Г., Олейникова Г.А., Воронин Д.О.* Геохимические особенности черных сланцев месторождений района Нарке (Швеция). // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2016. Вып. 2. – С.27-36.
18. *Фазылов Е. М., Мусина Э. С.* Вулканогенно-осадочные фации средне-позднекаменноугольных отложений месторождения Кендерлык и их роль в образовании пластов горючих сланцев. Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологии. № 4. 2017. – С. 56-64.
19. *Хошимханова М.А.* Исследование особенности распределения редкоземельных элементов в нетрадиционных видах сырья. // Вопросы науки и образования. 2019. – С. 10-14.
20. *Шпирт М.Я., Пуанова С.А., Стрижакова Ю.А.* Микроэлементы горючих и черных сланцев. Химия твердого топлива. 2007, №2. – С.68-77.
21. *Щенетова Е.В.* Седиментология и геохимия углеродистых толщ верхней юры и нижнего мела Русской плиты : автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. М., 2011. – 24.
22. *Юдович Я.Э., Кетрис М.П.* Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
23. *Юдович Я.Э.* Горючие сланцы Республики Коми: Проблемы освоения. — Сыктывкар: Геопринт, 2013. – 90 с.
24. *Янин Е.П.* Горючие сланцы и окружающая среда (экологические последствия добычи, переработки использования). М.:ИМГРЭ,2003. -86 с.
25. *Falk H., Lavergren U., Bergbäck B.* Metal mobility in alum shale from Öland, Sweden // Journal of Geochemical Exploration. 2006. Vol. 90. – P.157-165.

**OIL SHALE AS A COMPLEX MINERAL RAW MATERIAL:
REGIONAL ASPECTS OF FORECASTING AND ASSESSMENT,
DEVELOPMENT PROSPECTS.**

Mustafin S.K., Trifonov A.N., Struchkov K.K.

sabir.mustafin@yandex.ru

The features of the geological structure and composition of the complex mineral raw materials of the combustible shale basins of the Russian Federation, Uzbekistan and Kazakhstan are considered. It is shown that oil shale, different in time of formation and composition, is a complex mineral raw material for the energy and chemical industries. The solution of urgent problems of forecasting, assessment and effective development of complex mineral raw materials requires a combination of the capabilities of basin analysis, mineralogical and technological research, modeling with elements of system engineering.

Keywords: oil shale, mineral raw materials, trace elements, organic matter, shale basins