

Топливо и энергетика

УДК 553.541:665.6

Осипов А.М., канд. хим. наук, **Шендрик Т.Г.**, докт. хим. наук, проф.,
Грищук С.В., **Попов А.Ф.**, акад. НАН Украины, докт. хим. наук, проф.

*Институт физико-органической химии и углехимии НАН Украины, Донецк
ул. Р. Люксембург, 70, 83114 Донецк, Украина, e-mail: office.ipoc@nas.gov.ua*

Горючие сланцы — перспективный ресурс природного органического сырья в Украине (Обзор)

Приведены краткие сведения о природе горючих сланцев, мировых запасах, составе и свойствах минеральной и органической составляющих, основных направлениях использования. Охарактеризованы месторождения Украины: Болтышское, Карпатское и Ново-Дмитровское. Энерготехнологическое использование горючих сланцев осуществляется по таким направлениям: прямое сжигание для выработки тепло- и электроэнергии; полукоксование (пиролиз) для получения сланцевой смолы и производство из нее моторных и котельных топлив, химических продуктов; высокотемпературный пиролиз в сланцевый газ. Твердые отходы добычи и переработки горючих сланцев являются дешевым сырьем для производства строительных материалов, для борьбы с эрозией почв и их известкования. Промышленная добыча и переработка сланцев могут отрицательно воздействовать на окружающую среду. Сделан вывод, что горючие сланцы имеют перспективы использования, в частности, в Украине, которое обязательно должно быть комплексным, с учетом экономических, энергетических и экологических аспектов. *Библ. 17, табл. 2.*

Ключевые слова: горючие сланцы, запасы, сжигание, пиролиз.

Непрерывный рост потребления энергии в мире, которое уже превысило 10 млрд т условного топлива, приводит к уменьшению запасов удобных и относительно дешевых традиционных энергоносителей, прежде всего нефти и газа. Это заставляет искать альтернативные источники сырья — заменители нефти в производстве энергии и разнообразных химических продуктов. Одним из таких источников, в первую очередь благодаря своим огромным запасам и химическому составу, являются горючие сланцы (ГС) [1–6]. Данная проблема актуальна и для Украины из-за ее крайне напряженного топливно-энергетического баланса [7].

Горючие сланцы — твердое ископаемое, осадочная горная порода карбонатно-глинистого, глинистого или кремнеземного состава. Они содержат 5–30, реже 50–60 % (мас.) органического вещества (керогена). Генетической основой керогена является органическая масса сапропелитового характера, которая может иметь сапропелевое, гумусовое или смешанное происхождение. При этом примесь гумусового вещества не превышает 25 %; оно образовывалось в основном при частичном окислении исходного органического материала [4–6].

Таким образом, для образования керогена ГС необходимы два главных фактора: накопленные соответствующего органического вещества,

состоящего в основном из липидной группы планктона и фитопланктона; наличие неокисляющей среды, которая обуславливает длительное сохранение отмерших организмов [1, 2].

Образование, концентрирование, распределение и накопление органического вещества ГС на всех континентах длится более 1 млрд лет, начиная с протерозойской эры (далее палеозой, мезозой, кайнозой) и заканчивая накоплением в современных озерах и лагунах. Под влиянием палеографических условий образование ГС проходило через максимумы и минимумы. Из всех геологических периодов палеогеновый (70–30 млн лет назад) был самым интенсивным по накоплению органического вещества ГС в осадочных отложениях не только по площади распространения, но и по его концентрации в отдельных регионах. В этот период были образованы такие месторождения ГС: Грин-Ривер (США), крупнейшее в мире по площади и с запасами около 60 % (мас.) всех мировых ресурсов; провинции Фушунь, Гуандун, Шаньси (Китай); Болтышское и Карпатское менилитовых ГС (Украина) и др.

Следствием природы и химического состава предшественников керогена является главное отличие ГС от углей: более высокое атомное соотношение Н/С в керогене по сравнению с органической массой углей, равное в среднем 1,5 (в ископаемых углях — 0,5–0,9). Кероген характеризуется высоким содержанием водорода (7–10 % (мас.)), близким к таковому в ископаемой нефти, и высоким выходом летучих веществ (до 90 % (мас.)). Низшая теплота сгорания керогена 29–37 МДж/кг [3]. В некоторых случаях четкую границу между горючими сланцами и ископаемыми углями провести очень трудно.

Низшая теплота сгорания ГС различных месторождений, а также пластов и участков одного месторождения может колебаться в широких пределах — от 4–5 до 20–25 МДж/кг. Например, высокой теплотой сгорания (более 15 МДж/кг) характеризуются ГС отдельных пластов и слоев Болтышского месторождения.

Большинство ГС мира имеет среднюю (8–12 МДж/кг) или низкую (5–8 МДж/кг) теплоту сгорания. Из-за высокой зольности и низкого теплового эффекта в целом ГС относятся к низкосортным видам минерального топлива.

Согласно данным Committee on Industry, Research and Energy of the European Parliament на 2007 г., мировые ресурсы ГС составляют 11 трлн т. Из-за разницы в качестве наиболее корректно ресурсы ГС считать в баррелях масла, близкого по составу к природной

нефти, получаемого ретортным способом. При таком подходе ресурсы ГС составляют более 3 трлн баррелей. Мировые ресурсы ГС распределены крайне неравномерно: 66 % находится в Северной Америке и только 12 % в Европе. Также сильно различаются ГС по качеству. ГС с выходом масла 45–90 л/т составляют 43 %, 90–150 л/т — 31 %, менее 45 л/т — 25 %, более 150 л/т — всего 1 % [4, 8].

Самое древнее горючее ископаемое занимает по степени использования одно из последних мест. Причина — высокая зольность ГС и отсутствие приемлемых технологий комплексного использования ГС с высокой экономической и экологической эффективностью. По сути ГС являются и топливом, и энергохимическим сырьем. В качестве топлива они могут применяться для непосредственного сжигания, а после химико-технологической переработки — в виде сланцевого масла [8, 9].

В Эстонии ГС перерабатываются около 100 лет, в некоторые годы — до 20 млн т [10–12]. Из 1 т эстонских ГС можно получить 800 кВт·ч электроэнергии или 125 кг сланцевой «нефти» и 35 м³ газа с высшей теплотой сгорания 39,8 МДж/кг и 46,8 МДж/м³ соответственно. Эффективность новых котлов с циркулирующим кипящим слоем горения для ГС равна эффективности котлов, достигаемой при сжигании углей при атмосферном давлении, КПД — 35–36 %. При этом выбросы составляют, мг/м³: SO₂ < 20; NO_x — 90–170; летучая зола < 30. Также выделяется CO₂, приблизительно 1,0 кг/кВт·ч. Выбросы эстонских ТЭС сопоставимы с уровнем выбросов газов электростанциями, работающими на мазуте и угле, а выбросы пыли существенно выше (зависят от выбранной технологии, свойств и состава минеральной части ГС) [13–15].

В 1950–1990-х гг. ЭНИНом (г. Москва) была создана и освоена в промышленном масштабе пиролитическая технология переработки сланцев «Галотер», которая позволила считать ГС с теплотой сгорания $\geq 3,8$ МДж/кг приемлемым источником топлива для ТЭС. Твердые отходы переработки ГС являются дешевым сырьем для производства строительных материалов (цемент, щебень, минеральная вата и др.). В сельском хозяйстве продукты конверсии сланцев используются в качестве гербицидов и для борьбы с эрозией почв, а сланцевая зола — для известкования почв. В настоящее время в промышленном масштабе ГС суммарным объемом до 40–50 млн т/год добываются и перерабатываются в Эстонии, России, Китае, планируется добывать их в Австралии, Германии, Великобритании, ЮАР, Израиле, Брази-

лии, Марокко [6, 16]. Характеристики образцов ГС представлены в табл.1.

Ресурсы ГС в Украине составляют приблизительно 10 млрд т [7, 17]. По промышленной значимости наиболее перспективным является Болтышское месторождение с запасами высококачественных ГС около 3,8 млрд т [17], расположенное в Александровском районе Кировоградской области и частично в Каменском районе Черкасской области. Оно приурочено к Болтышской впадине в кристаллическом фундаменте глубиной до 600 м и диаметром около 25 км. Органическое вещество ГС представлено остатками планктонных водорослей.

Болтышская впадина заполнена осадочными образованиями мезозойского возраста, представленными глинами, алевритами, глинистыми и горючими сланцами и др. Мощность продуктивной толщи, содержащей пласты горючих сланцев, достигает 400 м. Условно она делится на 5 горизонтов, сложенных темноцветными слоистыми глинами и алевритами. Горючие сланцы встречаются по всей толще, однако практический интерес по мощности и качеству представляют IV и II горизонты. В IV горизонте, включающем основную часть запасов (82 %), выделено 5 пластов (А, Б, В₁, В₂ и Г) мощностью более 2 м с минимальной теплотой

сгорания сухого топлива 8,36 МДж/кг. Два пласта нижнего горизонта II расположены в центральной части впадины на 40–50 м ниже почвы пласта Г. Пласты ГС залегают практически горизонтально, и только в прибортовой части впадины они наклонены под углом 1–4° в сторону центральной части. В горно-геологических условиях Болтышского месторождения ГС возможно применение и открытого, и подземного способа разработки.

Горючие сланцы представляют собой массивную слоистую породу серого цвета. Органическая часть сланцев, преимущественно сапропелевого состава, составляет более 25 % их общей сухой массы. По качеству все пласты почти одинаковы. С глубиной отмечается слабозаметное ухудшение показателей. То же наблюдается и по площади, от центра впадины к ее краям. Основные показатели качества болтышских сланцев приведены в табл.2.

Элементный состав керогена ГС этого месторождения, % (мас.): С – 68,6; Н – 9,4; О – 16,0; N – 1,7; S – 1,6. Ресурсы смолы определены в 0,6 млрд т [17].

Горючие сланцы – трудное по своей природе технологическое сырье. Извлечение химико-технологической составляющей в настоящее время возможно только за счет термической пе-

Таблица 1. Характеристики горючих сланцев некоторых месторождений мира, % (мас.)

Показатель	Green River	Irati	Прибалтийское	Болтышское	Ново-Дмитровское	Карпатское
Влага	0,36	2,6	–	–	4,5	–
Диоксид углерода (CO ₂) ^{d_M}	17,3	2,6	18,7	–	–	–
Зола прокаливания A ^d	68,3	79,8	46,5	63,7–68,2	74,1	78,1
Условная органическая масса (УОМ)	14,4	17,6	34,8	–	21,3–24,1	23,5
Сера:						
общая S ^{d_t}	0,65	4,19	1,85	1,3–2,5	2,8–5,0	2,8
сульфатная	0,02	0,04	0,05	–	–	–
пиритная	0,35	4,00	1,30	–	–	–
органическая (по разности)	0,28	0,15	0,50	–	–	–
Выход продуктов в реторте на сухую массу сланца:						
смола	9,7	7,0	23,6	6,0–32,0	5,8–8,4	4,0–5,0
вода пирогенетическая	1,2	1,3	1,8	5,5	4,6	–
полукокс	86,7	88,2	69,5	70,5	86,3	–
газ и потери (по разности)	2,4	3,5	5,1	10,4	4,0	–
Выход смолы на УОМ	67,4	39,8	67,8	42,4–70,0	24,0	–
Химический состав золы:						
SiO ₂	44,3	60,3	23,1	61,5	66,6	–
CaO	20,5	2,8	56,5	4,6	1,5	–
MgO	7,4	3,1	4,2	1,2	0,1	–
Al ₂ O ₃	12,8	13,2	4,9	20,0	16,7	–
Fe ₂ O ₃	5,5	12,0	4,4	7,4	9,4	–
Na ₂ O	3,5	–	–	1,3	–	–
K ₂ O	2,8	6,9	2,5	3,0	4,7	–
SO ₃	2,4	1,7	3,3	2,9	1,1	–
Всего	99,2	100,0	98,9	101,9	100,1	–

Таблица 2. Сопоставление качества горючих сланцев

Месторождение	Страна	Содержание смолы, %	Теплота сгорания, МДж/кг
Болтышское	Украина	42,4–70,0	8,372–19,934
Карпатское	Украина	15–50	5,8
Прибалтийский бассейн	Эстония, Россия	40–60	14,6–16,7
Фушуньское	КНР	78–80	4,2–5,8
Green River	США	66,9	до 8,4

переработки сланца, а именно: нагревания сырья до тех температур, когда происходит полная деградация керогена, причем одна часть керогена превращается в кокс, другая — в летучие вещества (смолу, газ), которые за счет физической конденсации разделяются и используются раздельно. Богатый промышленный опыт термической переработки ГС накоплен в бывшем СССР (Эстония, Россия), КНР, Шотландии и других странах [8, 9, 12].

В зависимости от цели переработки, масштабов производства, генетического типа сланцев применяются различные перерабатывающие аппараты (реторты, туннельные печи, шахтные генераторы, установки с твердым теплоносителем производительностью до 3000 т/сут). По предварительным расчетам, стоимость получения 1 т сланцевой смолы с учетом затрат на добычу и переработку сланца выше закупочной стоимости нефти. Только при комплексном использовании всех продуктов переработки (газа, минеральной части и др.) может быть получен положительный экономический эффект.

Как и Болтышское месторождение, Ново-Дмитровское месторождение, расположенное в Харьковской области, заключено во впадине кристаллического щита. Существенная его особенность: залежи ГС характеризуются территориальной общностью и близким геологическим возрастом (палеоген-неоген) с бурым углем. Однако эти каустобиолиты относятся к разным генетическим группам горючих ископаемых, так что химический состав и свойства их органического вещества во многом различаются (например, содержание водорода в органической массе равно 10,0 и 5,2 % в ГС и буром угле соответственно). В то же время алифатическая часть органического веществ ГС и бурого угля характеризуется заметным подобием, обусловленным участием терригенного или близкого к нему по составу материала в формировании не только угля, но и сланца. Вследствие высокого содержания гетероатомов в керогене ново-дмитровского сланца выход смолы полукоксования из него относительно низкий; значительная часть водорода выделяется при термическом разложении в виде воды и водородсо-

державших газов. Элементный состав керогена, % (мас.): С — 69,3; Н — 10,0; N — 1,5; (O + S) — 19,2.

Менилитовые сланцы Карпат образовались в палеогеновый период геологической истории Земли. Их минеральная основа кремнистая с примесью глинистого материала. Элементный состав керогена, % (мас.): С — 75,4; Н — 6,8; N — 1,6; S — 5,8; O — 12,6. В месторождении обнаружено 60 пластов мощностью до 1 м. Они относятся к низкокачественным. Ресурсы сланцевой смолы определены в 0,5 млрд т.

Образование менилитовых сланцев происходило в мелководном бассейне с полуокислительной средой. Исходным материалом органического вещества керогена были планктонные организмы. Кероген в связи с особенностями солевого состава воды представляет недовосстановленное органическое вещество, сохранившее значительную часть своего кислорода в результате быстрого перехода в ископаемое состояние и литификации. Внешний вид, микроструктура и микрокомпонентный состав керогена очень своеобразны и непохожи на большинство изученных и хорошо известных ГС различных бассейнов, в частности, кукерситов Прибалтийского бассейна.

В зависимости от глубины залегания и мощности пластов сланцевых залежей можно использовать различные способы добычи. Открытый способ добычи характеризуется значительно лучшими экономическими показателями и большей безопасностью работ по сравнению с шахтной добычей. Однако при открытой добыче ежегодно нарушаются сотни гектаров земли, уничтожается плодородный почвенный слой, нарушается первоначальная структура толщи вскрышных пород, создается техногенный ландшафт, нарушаются гидрогеологический и гидрохимический режимы поверхностных и подземных вод, воздушная среда загрязняется пылью от буровзрывных и транспортных работ.

Энерготехнологическое использование сланцев может осуществляться по следующим основным направлениям: прямое сжигание в котельных установках (на электростанциях) для выработки тепло- и электроэнергии; полукоксо-

вание с целью получения сланцевой смолы, из которой при дальнейшей переработке могут быть получены моторные и котельные топлива, а также различные химические продукты; высокотемпературная переработка для получения сланцевого газа, подобного по составу коксовому газу.

При сжигании горючих сланцев происходит значительное загрязнение атмосферы тонкодисперсной сланцевой золой и сернистым газом. Наиболее острым является вопрос утилизации постоянно накапливающихся твердых отходов сланцеперерабатывающих предприятий. Золоотвалы нарушают экосистемы огромных площадей сельскохозяйственных земель. Важной проблемой прямого сжигания ГС является сброс щелочной воды из системы гидрозолаудаления [13–15].

В любом процессе переработки сланцев выделяется пирогенетическая вода в количестве от 2–3 % (мас.) (процесс «Галотер») до 12–15 % (мас.) (процесс «Кивитер») [7, 13]. Эта вода содержит фенолы, кетоны, органические кислоты и основания, аммиак, соли металлов, смолы. Фенолы и кетоны — это ценные товарные продукты, поэтому должно быть предусмотрено их выделение на сланцеперерабатывающих заводах.

Отходящие и дымовые газы процессов переработки ГС содержат оксиды углерода, серы и азота, твердые частицы, пары воды и углеводородов. Возможен выброс в атмосферу полициклических ароматических соединений. Газы термической переработки ГС при наличии в них значительных количеств H_2S должны быть очищены от него перед сжиганием. Такая очистка окупается за счет получения элементной серы и серосодержащих химических продуктов.

Отходы попутной добычи вмещающих пород сланцевых пластов, зольных остатков от сжигания или термохимической переработки сланцев могут быть использованы в производстве строительных материалов. Одним из перспективных направлений использования кремнистых и карбонатных пород, извлекаемых из недр при добыче ГС, является производство щебня.

На основании многолетних исследований горючих сланцев во всем мире и их практического применения в некоторых странах можно сделать вывод, что ГС имеют перспективы использования, в частности, в Украине, которое обязательно должно быть комплексным, с учетом экономических, энергетических и экологических аспектов.

Список литературы

- Кузнецов Д.Т. Горючие сланцы мира. — М. : Недра, 1975. — 368 с.
- Кузнецов Д.Т. Энергохимическое использование горючих сланцев. — М. : Энергия, 1978. — 212 с.
- Зеленин Н.И., Озеров И.М. Справочник по горючим сланцам. — Л. : Недра, 1983. — 248 с.
- Месторождения горючих сланцев мира / Под ред. В.Ф.Череповского. — М. : Наука, 1988. — 263 с.
- Стрижакова Ю.А. Горючие сланцы. Генезис, составы, ресурсы. — М. : Недра, 2008. — 192 с.
- Brendow K. Oil shale — a local asset under global constraint // Oil Shale. — 2009. — Vol. 26, № 3. — P. 357–372.
- Ковальський В.С., Зубченко О.М., Богуслав М.В. Горючі сланці для енергетики і хімії України // Вісник Національного авіаційного університету. — 2006. — № 2. — С. 139–144.
- Johannes I., Luik H., Bojesen-Koefoed J.A. et al. Effect of organic matter content and type of mineral matter on the oil yield from oil shales // Oil Shale. — 2012. — Vol. 29, № 3. — P. 206–221.
- Гаврилов А.Ф. Энергетика на базе новых технологий использования низкосортных топлив [Электронный ресурс] // ЭСКО — Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». — 2007. — № 10. — С. 235–240. — Режим доступа : http://www.esocosys.ru/2007_10/art99.pdf. — Заглавие с экрана.
- Veiderma M. Estonian oil shale — resources and usage // Oil Shale. — 2003. — Vol. 20, № 3, SPECIAL. — P. 295–303.
- Tammeeja T., Reinsalu E. Forecast of Estonian oil shale usage for power generation // Oil Shale. — 2008. — Vol. 25, № 2, SPECIAL. — P. 115–124.
- New trends in Estonian oil shale industry. EDITOR'S PAGE // Oil Shale. — 2012. — Vol. 29, № 3. — P. 203–205.
- Стрижакова Ю.А., Усова Т. В. Экологические проблемы сланцеперерабатывающего производства // Химия твердого топлива. — 2007. — № 3. — С. 53–59.
- Kahru A., Pollumaa L. Environmental hazard of the waste streams of Estonian oil shale industry : An ecotoxicological review // Oil Shale. — 2006. — Vol. 23, № 1. — P. 53–93.
- Zhirjakov Yu. Ecological Aspects of Oil Shale Processing [Electronic resource] // Proceedings of the 26th Oil Shale Symposium, Colorado School of Mines, Colorado (USA), 16–19 Oct., 2006. — Available at: <http://www.cerimines.org/documents/Poster03-YuriZhiryakov-paper.pdf>. — Title from a screen.
- Qing W., Jingru B., Baizhong S., Jian S. Strategy of Huadian oil shale comprehensive utilization // Oil Shale. — 2005. — Vol. 22, № 3. — P. 305–315.
- Болтышское месторождение горючих сланцев [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.rkm.kiev.ua/capital/wp-content/uploads/boltysch-oil-shales.doc>. — Заглавие с экрана.

Осипов О.М., канд. хім. наук, **Шендрік Т.Г.**, докт. хім. наук, проф.,
Грищук С.В., **Попов А.Ф.**, акад. НАН України, докт. хім. наук, проф.,
Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії НАН України, Донецьк
вул. Р. Люксембург, 70, 83114 Донецьк, Україна, e-mail: office.ipocc@nas.gov.ua

Горючі сланці — перспективний ресурс природної органічної сировини в Україні (Огляд)

Наведено короткі відомості щодо природи горючих сланців, світових запасів, складу та властивостей мінеральної та органічної складових, основних напрямків використання. Охарактеризовано родовища горючих сланців України: Бовтиське, Карпатське та Ново-Дмитрівське. Енерготехнологічне використання горючих сланців здійснюється за такими напрямками: пряме спалювання для вироблення тепло- та електроенергії; напівкоксування (піроліз) для отримання сланцевої смоли та виробництво з неї моторних та котельних палив, хімічних продуктів; високотемпературний піроліз у сланцевий газ. Тверді відходи видобутку та переробки горючих сланців є дешевою сировиною для виробництва будівельних матеріалів, для боротьби з ерозією ґрунтів та їх вапнування. Промисловий видобуток та переробка сланців можуть негативно впливати на навколишнє середовище. Зроблено висновок, що горючі сланці мають перспективи використання, зокрема в Україні, яке обов'язково має бути комплексним, з урахуванням економічних, енергетичних та екологічних аспектів. *Бібл. 17, табл. 2.*

Ключові слова: горючі сланці, запаси, спалювання, піроліз.

Osipov A.M., Candidate of Chemical Science,
Shendrik T.G., Doctor of Chemical Science, Professor, **Grishchuk S.V.**,
Popov A.F., Academician of NAS of Ukraine,
Doctor of Chemical Science, Professor

Institute of Physical Organic and Coal Chemistry of National Academy of Science of Ukraine

70, R. Luxemburg Str., 83114 Donetsk, Ukraine, e-mail: office.ipocc@nas.gov.ua

Oil Shale as a Promising Resource of Organic Raw Materials in Ukraine (Review)

The brief information about the nature of oil shale, world resources, the composition and properties of mineral and organic components, the main directions of utilization has been reported. Boltyskoye, the Carpathians and Novo-Dmitrovskoye deposits of Ukrainian oil shale have been characterized. Oil shale processing for energy and production needs is carried out at the following directions: direct combustion for heat and power generation; semi-coking (pyrolysis) to produce shale oil and further production of motor and boiler fuels and different chemicals; high-temperature pyrolysis to shale gas. Solid waste of oil shale production and processing are cheap raw materials for production of building materials, for combating of soil erosion and for soil liming. Industrial output and processing of oil shale may have a negative impact on an environment. It is concluded that oil shale have prospects for use, in particular in Ukraine, which should be comprehensive, taking into account economic, energy and environmental aspects. *Bibl. 17, Table 2.*

Key words: oil shale, demands, combustion, pyrolysis.

References

1. Kuznecov D.T. Gorjuchie slancy mira [Oil shale of the world]. Moscow, Nedra, 1975, 368 p. (Rus.)
2. Kuznecov D.T. Energohimicheskoe ispol'zovanie gorjuchih slancev [Power and chemical utilization of oil shale]. Moscow, Energija, 1978, 212 p. (Rus.)
3. Zelenin N.I., Ozerov I.M. Spravochnik po gorjuchim slancam [Reference book on oil shale]. Leningrad, Nedra, 1983, 248 p. (Rus.)
4. Mestorozhdenija gorjuchih slancev mira [Deposits of oil shale of the world]. Ed. by V.F.Cherepovskij. Moscow, Nauka, 1988, 263 p. (Rus.)
5. Strizhakova Yu.A. Gorjuchie slancy. Genezis, sostavy, resursy [Oil shale. Genesis, compositions, resources]. Moscow, Nedra, 2008, 192 p. (Rus.)
6. Brendow K. Oil shale – a local asset under global constraint. *Oil Shale*, 2009, 26 (3), pp. 357–372.
7. Koval's'kyj V.S., Zubchenko O.M., Boguslav M.V. Gorjuchi slanci dlja energetyky i himii' Ukrainy [Oil shale for energy and chemistry of Ukraine]. *Visnyk Nacionalnogo aviacijnogo eyiversitetu [Proceedings of National Aviation University]*, 2006, (2), pp. 139–144. (Ukr.)
8. Johannes I., Luik H., Bojesen-Koefoed J.A., Tiikma L., Vink N., Luik L. Effect of organic matter content and type of mineral matter on the oil yield from oil shales. *Oil Shale*, 2012, 29 (3), pp. 206–221.
9. Gavrilov A.F. Jenergetika na baze novyh tehnologij ispol'zovanija nizkosortnyh topliv [Power engineering based on new technologies using low-grade fuels]. [Electronic resource]. – ESKO. Elektronnyj zhurnal jenergoservisnoj kompanii «Jekologicheskie sistemy» [Electronic journal of energy service company «Ecological systems»], 2007, (10), pp. 235–240. – Available at: http://www.esco-ecosys.ru/2007_10/art99.pdf. (Rus.)
10. Veiderma M. Estonian oil shale – resources and usage. *Oil Shale*, 2003, 20 (3), SPECIAL, pp. 295–303.
11. Tammeoja T., Reinsalu E. Forecast of Estonian oil shale usage for power generation. *Oil Shale*, 2008, 25 (2), SPECIAL, pp. 115–124.
12. New trends in Estonian oil shale industry. EDITOR'S PAGE. *Oil Shale*, 2012, 29 (3), pp. 203–205.
13. Strizhakova Yu.A., Usova T.V. Environmental Problems of Oil Shale Processing Industry. *Solid Fuel Chemistry*, 2007, 41 (3), pp. 174–178. – Original Text: Strizhakova Yu.A., Usova T.V. Ekologicheskie problemy slancepererabatyvajushhego proizvodstva. *Khimiya Tverdogo Topliva*, 2007, (3), pp. 53–59. (Rus.)
14. Kahru A., Pollumaa L. Environmental hazard of the waste streams of Estonian oil shale industry : An ecotoxicological review. *Oil Shale*, 2006, 23 (1), pp. 53–93.
15. Zhirjakov Yu. Ecological Aspects of Oil Shale Processing [Electronic resource]. *Proceedings of the 26th Oil Shale Symposium, Colorado School of Mines, Colorado (USA)*, 16–19 Oct., 2006. – Available at: <http://www.cerimines.org/documents/Poster03-YuriZhiryakov-paper.pdf>. – Title from a screen.
16. Qing W., Jingru B., Baizhong S., Jian S. Strategy of Huadian oil shale comprehensive utilization. *Oil Shale*, 2005, 22 (3), pp. 305–315.
17. Boltyschskoe mestorozhdenie gorjuchih slancev [Boltyschskoye oil shale deposit]. [Electronic resource]. – Available at: <http://www.rkm.kiev.ua/capital/wp-content/uploads/boltysch-oil-shales.doc>. – Title from a screen. (Rus.)

Received November 19, 2013