

А.С. Малолетнев

ПОЛУЧЕНИЕ ГОРНОГО ВОСКА ИЗ БИТУМИНОЗНЫХ БУРЫХ УГЛЕЙ

Аннотация. Приведен обзор выполненных работ по получению восковых продуктов из битуминозных бурых углей. Горный воск и его модификации обладают рядом ценных свойств (влаго- и кислотостойкостью, низкой электропроводностью и др.) и являются незаменимыми в литейном производстве, в изготовлении полирующих и защитных композиций для различных покрытий, в бумажной, кожевенной промышленности, в косметике, медицине, в бытовой химии и многих других областях. Эффективным методом получения горного воска является экстракция углей в горизонтальном экстракторе многократного погружения, который позволяет получать сырой воск высокого качества из битуминозных бурых углей Тюльганского (Южно-Уральский бассейн, Россия) и Александрийского (Днепровский бассейн, Украина) месторождений. Практический интерес представляет использование в качестве растворителя смеси бензола с экстракционным бензином. Установлено, что при одинаковой стоимости с бензином Калоша и сходных результатах экстракции температура кипения экстракционного бензина на 30°С ниже температуры кипения бензина Калоша, применявшегося ранее. Поэтому затраты тепла на его отгонку из экстракта будут значительно ниже. Сократятся потери высококипящих фракций с экстрагированным углем. Разработана аппаратурно-технологическая схема промышленной установки по производству 2500 т воска в год из битуминозных бурых углей и обозначены предпосылки создания в России производства горного воска.

Ключевые слова: бурый уголь, экстракция, горный воск, аппаратурно-технологическая схема.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-10-0-58-66

Введение

Твердые горючие ископаемые (ТГИ) играют огромную роль в топливно-энергетическом комплексе, однако при сжигании безвозвратно теряется заключенный в углях значительный химический потенциал.

Для оценки перспектив твердого топлива как источника химического сырья широко используется метод экстракции [1, 2].

Мягкие условия процесса (невысокие температуры, отсутствие катализатора) позволяют извлечь из угольного вещества природные компоненты, сохраняющие структурные особенности исходного органического материала, а полученная информация о составе экстрактов явля-

ется важным элементом развития представлений о химическом строении и свойствах ТГИ [3] и служит основой для разработки эффективных экстракционных технологий получения химических продуктов из угля.

Сырой горный воск (монтан-воск или битум А), извлекаемый экстракцией органическими растворителями (бензин, бензол и др.) из битуминозных бурых углей, — сложная смесь природных восков и восковых смол.

Все видовое многообразие восков по производственным критериям можно свести к следующим основным типам:

- исходный или сырой воск, представляющий собой экстракт, извлечен-

ный органическими растворителями из бурого угля;

- обессмоленный воск, полученный путем удаления из сырого воска смолистой части;
- рафинированный воск, т.е. осветленный, полученный из обессмоленного воска;
- этерифицированный воск, полученный путем этерификации рафинированного воска моно-, ди- или полиатомными спиртами или их смесями.

В настоящее время крупнейший производитель восков в мире — Германия выпускает до 50 тыс. т восков в год, что составляет более 80% мирового производства [4]. В Бразилии ежегодно производится 10 тыс. т этого продукта, получаемого из карнаубской пальмы. На Украине Семеновский завод горного воска, производивший в бывшем СССР до 2 тыс. т воска в год по старой немецкой технологии 30-х годов, с 2004 г. перестал функционировать.

В России воск и не производятся, хотя горный воск и его модификации обладают рядом ценных свойств (влаго- и кислотостойкостью, низкой электропроводностью и др.) и являются незаменимыми при точном литье по выплавляемым моделям в литейном производстве, в изготовлении полирующих и защитных композиций для различных покрытий, в бумажной, кожевенной промышленности, в косметике, медицине, в бытовой химии и многих других областях.

По экспертным оценкам дефицит восков в стране составляет около 5 тыс. т в год, в связи с чем возникает необходимость организации производства восков на базе отечественных месторождений битуминозных бурых углей. Считается, что для приемлемой экономической эффективности процесса сырье должно иметь битуминозность выше 6–6,5%. Однако этот предел зависит от используемой технологии извлечения воска и

связан с возможным остаточным содержанием восков в углях после экстракции [5].

Сырьевые ресурсы битуминозных углей в России весьма обширны. Среди разрабатываемых выделяются месторождения Южного Урала, особенно Тюльганское месторождение (запасы 213 млн т, выход битумов $\geq 6,5\%$). Представляют промышленный интерес угли Хабаровского и Южно-Кургазинского месторождений, запасы которых составляют соответственно 334 и 106 млн т, средняя битуминозность — 11,3 и 7,4%. Технологические бурые угли расположены в Амурской обл. и в Приморье, где наиболее крупные месторождения — Свободное (запасы 1691 млн т), Тыгдинское (466 млн т) и Павловское (388 млн т). Выход сырых восков из углей этих месторождений составляет до 13% (в среднем — 6,7%).

Основной способ получения восковых продуктов из битуминозных бурых углей — метод экстракции. Экстракция углей органическими растворителями — сложный диффузионно-массообменный процесс, на который влияют физические, химические и технологические факторы. Среди них наиболее важное значение имеют условия предварительной подготовки угля, включая размер частиц и их влажность, природа растворителя, условия предварительной термической или химической обработки сырья, тип экстрактора, продолжительность и температура процесса, давление в системе, соотношение уголь: растворитель и др. [6, 7].

Технологический процесс получения восков сводится к дроблению угля до фракции крупностью 0,1–3,5 мм, последующей сушке до остаточной влажности ~20%, обработке угля растворителем (бензином или бензолом) и отгонке растворителя с получением целевого товарного продукта. Проектирование

ный уголь после пропаривания может направляться на брикетирование или использоваться в энергетике.

В [8] исследована возможность получения горного воска из бурых углей Центрального Казахстана с применением методов экстрагирования и алкилирования. Определено влияние процесса модифицирования углей изопропиловым спиртом в присутствии кислоты на выход горного воска. Показано положительное влияние алкилирования на увеличение выхода восковых фракций битумоидов бурых углей.

Для повышения степени извлечения битуминозных восков из бурых углей применяют различные органические растворители и добавки к ним.

Согласно данным работ [9, 10], предварительная активация углей методами физико-химического воздействия (плазмохимия, механоактивация, суперкритическая экстракция и др.) приводит к изменению их состава, структуры и увеличению выхода низкомолекулярных продуктов в ходе их переработки. К числу этих методов современной химической технологии в последние 10–15 лет присоединилась микроволновая (МВ) химия. В [11] показано, что предварительное микроволновое облучение образцов бурого угля Майкубенского месторождения в водно-щелочной среде приводит к активации деструктурных процессов в органической массе угля. Установлено, что использование микроволновой обработки способствует повышению эффективности извлечения из угля битумов, восков, гуматов, и смол. При этом количество и состав переходящих в раствор продуктов изменяется в широких пределах в зависимости от мощности облучения, соотношения компонентов, концентрации щелочи. Применение микроволновой активации углей позволит вовлечь в переработку низкобитуминозные угли и кардинально улуч-

шить существующие технологии комплексной переработки углей.

Исследования, проведенные ФГУПИГИ [7, 12], позволили наметить ряд технических мероприятий, позволяющих увеличить выпуск воска в промышленных условиях не менее чем на 300 т при небольших дополнительных капитальных вложениях. Так замена устаревших выпарных аппаратов периодического действия, выпаривание экстрактов в которых происходит в течение 10 ч, двухступенчатыми аппаратами непрерывного действия сокращает время этого процесса в 2–3 раза. Несомненный практический интерес представляет использование смеси бензола с экстракционным бензином в качестве растворителя. Установлено, что при одинаковой стоимости с бензином Калоша и сходных результатах экстракции температура кипения экстракционного бензина на 30 °С ниже температуры кипения бензина Калоша. Поэтому затраты тепла на его отгонку из экстракта будут значительно ниже. Кроме того, сократятся потери высококипящих фракций с экстрагированным углем.

В настоящей статье приведен обзор работ по получению восковых продуктов из битуминозных бурых углей Тюльганского (Южно-Уральский бассейн, Россия) и Александрийского (Днепровский бассейн, Украина) месторождений и обозначены предпосылки создания в России производства горного воска.

Экспериментальная часть

Влажность ($W_{\text{г}}$) воздушно-сухого образца угля Александрийского месторождения, примененного для исследований, составляла 12–17%; битуминозность по бензину 7,0–8,2%.

Рабочая влажность исследованных образцов угля Тюльганского месторождения после подсушивания не превышала 18–20%; битуминозность изменялась в пределах 6,3–8,5%.

Бурые угли Южного Урала, в том числе исследованные образцы углей Тюльганского месторождения, отличаются от углей Днепровского бассейна как по происхождению, так и по своим физико-химическим свойствам. Они содержат большее количество остатков лигнина и светлых включений, имеют меньший насыпной вес. Бензиновые экстракты (сырой воск) из них содержат до 65% смол, а температура каплепадения воска на несколько градусов ниже, чем у бурых углей Днепровского бассейна.

Экстракция углей проводилась на лабораторной установке с горизонтальным экстрактором многократного погружения, обеспечивающим интенсивное перемешивание фаз с относительной скоростью движения фаз до 180 м/ч. Для поддержания температурного режима экстракции цилиндрический корпус экстрактора подогревали водой с т. кип. 90–95 °С из термостатической емкости.

Применение экстрактора нового поколения позволяет осуществлять процесс экстракции более эффективно, по сравнению с широко применяемыми ковшовыми экстракторами, по следу-

ющим причинам. Во-первых, в этом случае поверхность контакта фаз значительно увеличивается за счет приближения условий экстракции к условиям протекания процесса во взвешенном состоянии, что в сочетании с большой скоростью перемешивания обеспечивает высокую скорость массообмена. Во-вторых, осуществляется принцип обновления жидкостного, поверхностного слоя вокруг частицы угля, то есть происходит чередование стадий экстракция – отжим, поскольку уголь периодически выходит из растворителя и погружается в него в течение всего времени экстракции. В-третьих, тщательное перемешивание фаз обеспечивает быстрое выравнивание концентрации молекул воска на поверхности и внутри частицы угля.

Эффективные условия экстракции углей и характеристика полученных восков приведены в табл. 1, из которой следует, что в выбранных условиях выход воска в среднем составлял 80% для углей Тюльганского месторождения и 81,5% – для углей Александрийского месторождения. Удельная производительность экстрактора по углю в среднем

Таблица 1

Характеристика восков, полученных в оптимальных условиях экстракции углей
Characteristic of wax produced in optimal coal extraction conditions

Показатель	Месторождение бурого угля			
	Тюльганское (Россия)		Александрийское (Украина)	
Технологические параметры экстракции				
Температура экстракции, °С	62	64	68	70
Соотношение уголь:бензин	1:5	1:6	1:4,5	1:5,5
Время экстракции, мин	15	20	15	20
Характеристика углей и полученных восков				
Влажность угля, W^t , %	18	20	12	17
Выход битума из сухого угля, %	6,3	8,5	7,0	8,2
Фракционный состав угля, мм	0,2	2,5	0,2	2,5
Выход воска, %	78	82	79	84
Температура каплепадения воска, °С	77	78	82	84
Количество неомыляемых соединений в воске, %	24	25	19	20

была равна $40,8 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$, что в 3,2 раза выше, чем для ковшовых экстракторов.

Получаемый в процессе работы раствор сырого воска (мисцелла) фильтровали и направляли в выпарной аппарат. Отогранный бензин возвращали снова на экстракцию, а расплав сырого воска собирали в приемнике.

Обсуждение результатов

Анализ экспериментальных данных показал, что при экстракции углей Южного Урала концентрация мисцеллы не превышала 2,4%, а растворимость полученных сырых восков была высокой при температуре 62–64 °С. Поэтому, было рекомендовано экстракцию тюльганских углей (в отличие от углей Днепроовского бассейна, для которых была установлена температура экстракции 68–70 °С) можно вести при температуре 62–64 °С, что важно, так как качество и степень извлечения восков при этом практически не изменяются, а потери бензина значительно снижаются. В промышленных условиях упрощается узел улавливания паров растворителя.

Следует отметить, что сырой горный воск из углей Южного Урала по внешнему виду и качеству отличается от воска из углей Днепроовского бассейна. Он имеет более темную окраску из-за повышенного содержания смолистых веществ (до 43%) и полностью сплавляется с парафином, что, по-видимому, связано с низким содержанием асфальтенов. Температура его каплепадения составляет 77–78 °С, что на 4–6 °С ниже, чем для восков из углей Александрийского месторождения. Кроме того, в образцах южно-уральских восков было установлено 24,6% неомыляемых соединений и 75,4% омыляемых, а в восках александрийского угля — 19,5 и 80,5% соответственно. Были получены также расхождения в значениях чисел омыления и кислотных чисел (мг КОН/г): соответственно

80–85 и 21–25 для александрийского воска, 79–81 и 19–21 для южно-уральского, что может быть связано с более интенсивным протеканием процессов деструкции определенной части омыляемых веществ, полученных из южно-уральского угля. Такая деструкция связана, по-видимому, с более глубоким окислением сырого воска из углей Тюльганского месторождения при групповом разделении компонентов по стандартной методике.

На основании результатов, ранее выполненных в ФГУП ИГИ исследований, разработана принципиальная технологическая схема и аппаратное оформление модульной установки по производству 2500 т воска в год из битуминозных бурых углей Тюльганского месторождения (в экспериментальной работе принимали участие к.х.н. В.В. Родэ, к.т.н. Е.М. Новаковский, Е.В. Зырянова).

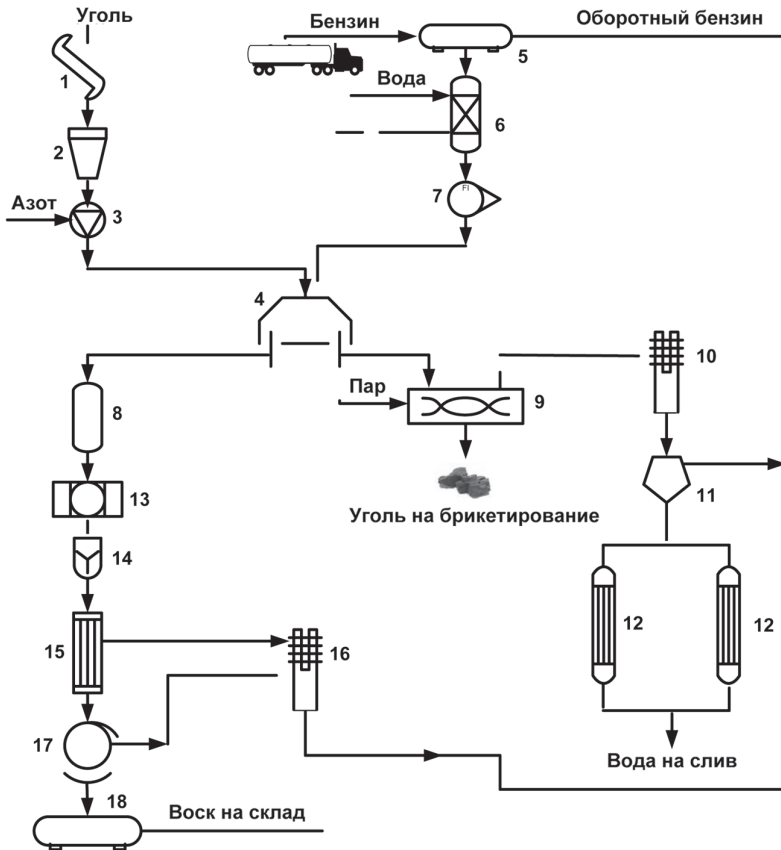
Процесс состоит из четырех основных стадий: подготовка угля к экстракции, включая дробление, тонкое измельчение и подсушивание угля до влажности 18–20%; выделение необходимой для экстракции фракции 0,2–2,5 мм; экстракция угля при 63–68 °С; концентрирование и дальнейшее упаривание мисцеллы с получением товарного сырого горного воска; регенерация бензина.

В соответствии с разработанной схемой (рисунок) подготовленный для экстракции уголь подается на вибросита 1. Полученная фракция 0,2–2,5 мм направляется в бункер 2, откуда лопастным питателем 3 — в экстрактор 4. В питатель под небольшим давлением поступает азот для удаления образующихся паров воды. Экстракция осуществляется при 63–68 °С за счет подачи в рубашку экстрактора горячей воды с т. кип. 85–90 °С. Сюда же из накопительной емкости 5 через теплообменник 6 и ротаметр 7 подается экстракционный бензин марки «нефрас». Образующийся в экстракторе раствор воска мисцелла с по-

степенно возрастающей концентрации движется навстречу углю и выводится в сборник 8. Прозекстрагированный уголь на выходе из экстрактора 4 с помощью транспортера по трубе перемещается в аппарат для пропаривания 9, представляющий собой горизонтальный аппарат со шнеком, который медленно продвигает уголь вдоль аппарата с одновременным перемешиванием. Обогрев пропаривателя производится через стенку глухим паром. Для более полной отгон-

ки остатков бензина из проэкстрагированного угля в пропариватель подается острый пар под давлением 0,10–0,15 МПа. При этом в аппарате поддерживается температура 105–110 °С.

Смесь паров бензина и водяного пара отводится в конденсатор 10, охлаждаемый обратной водой. Конденсат поступает на разделение во флорентийский сосуд 11. Бензин, как более легкая жидкость, собирается в верхней части аппарата, откуда через верхний штуцер



Принципиальная схема производства сырого горного воска из бурых углей: 1 – вибросита; 2 – бункер угля; 3 – лопастной питатель; 4 – экстрактор; 5 – накопительная емкость; 6 – теплообменник; 7 – ротаметр; 8 – емкость; 9 – пропариватель; 10 – конденсатор; 11 – флорентийский сосуд; 12 – абсорберы; 13 – обогреваемый фильтр; 14 – обогреваемая емкость; 15 – выпариватель; 16 – конденсатор; 17 – роторный испаритель; 18 – накопительная емкость

Process flow diagram for production of crude mineral wax from lignite: 1–vibrating screens; 2–coal bunker; 3–blade feeder; 4–extractor; 5–accumulating bin; 6–heat interchanger; 7–rotameter; 8–container; 9–steamer; 10–capacitor; 11–separating flask; 12–absorbers; 13–heated filter; 14–heated reservoir; 15–evaporator; 16–capacitor; 17–rotary evaporator; 18–collecting reservoir

Таблица 2

Материальный баланс получения 2500 т сырого горного воска в год из бурого угля Тюльганского месторождения

Material balance to produce annually 2500 t of crude mineral wax from the Tyulgan deposit lignite

Показатель	Количество	
	мас.%	т/год
Поступило		
1. Уголь исходный, $W_t^r = 57\%$	32,2	8906
в том числе подсушенный ($W_t^r = 20\%$)	11,3	3125
2. Бензин марки «нефрас»	67,7	18 750
3. Азот технический	0,1	29
Итого	100,0	27 685
Получено		
1. Горный воск	9,0	2500
2. Битум	24,0	6644
3. Прозекстрагированный исходный уголь	26,5	7335
4. Твердые после фильтрования шлама	2,0	554
5. Обратный бензин	37,2	10 292
6. Вода + потери	1,3	360
Итого	100,0	27 685

в виде чистого обратного бензина с помощью насоса поступает в накопительную емкость 5.

Водный слой через нижний штуцер направляется в абсорберы 12, которые работают в периодическом цикле. По мере насыщения сорбента (активированного угля) бензином, один абсорбер отключается и вводится в работу второй. За это время острым паром ведется отпарка сорбированного бензина, который вместе с конденсатом вновь поступает во флорентийский сосуд 11. Вода, после абсорберов соответствует требованиям санитарных норм и направляется в слив.

Для получения товарного сырого воска мисцелла из емкости 8 поступает в обогреваемый до 85–90 °С фильтр 13, где в виде шлама отделяются мелкие частицы угля, увлекаемые раствором. После очистки на фильтре мисцелла, имеющая концентрацию ~2%, подается до-

зирующим насосом в обогреваемую емкость 14, которая обогревается горячей водой (80–85 °С). Из нее мисцелла поступает в выпарной аппарат 15, в котором ее концентрация доводится до 10%. Отогнанный бензин через конденсатор 16 возвращается в процесс; концентрированная мисцелла для окончательного удаления растворителя направляется в роторный испаритель 17, откуда бензин через конденсатор 16 возвращается в процесс, а расплавленный воск собирается в накопительной емкости 18, разливается в формы, охлаждается и затем затаривается. В табл. 2 приведен материальный баланс получения 2500 т сырого горного воска в год.

Заключение

Таким образом, рассмотренный способ получения восковых продуктов экстракцией битуминозных бурых углей органическими растворителями в гори-

зонтальном экстракторе многократного погружения позволяет получать сырой горный воск высокого качества, дефицит которого в России превышает 5 тыс. т в год при стоимости ~3000 евро за тонну [5], а по мере переработки сырого воска в более квалифицированные продукты — обессмоленные рафинированные,

эритрифидированные воски — его стоимость значительно увеличивается. Указанное количество горного воска может быть получено в результате переработки битуминозных бурых углей Южно-Уральского угольного бассейна, что будет одновременно способствовать снижению себестоимости добываемых углей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малолетнев А. С., Наумов К. И., Городниченко В. И. Уголь — полезное ископаемое. Учебное пособие. — М., 2015.
2. Wise W. C. Solvent treatment of coal. London, 1991.
3. Ouchi K., Imuta R. The analysis of benzene extracts of Yubarl Coal // Fuel. 2013. vol. 42. Pp. 445–456.
4. <http://www.wachs-und-mehr.de/index.php/en/produkte>.
5. Малолетнев А. С., Наумов К. И., Юшина Т. И. Физико-химические методы переработки углей. Ч. 2. Нетопливное использование углей. Учебное пособие. — М., 2016.
6. Носкова Л. П. Экстракционная переработка низкокалорийного угля // Вестник ИргТУ. — 2012. — № 9(68). — С. 195–200.
7. Шумейко М. В. Разработки ОАО «Термокок» применительно к ряду отраслей и их социально-экономическая оценка // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2008. — № 2. — С. 377–381.
8. Арбузов В. А., Балпанова М. Ж. Получение горного воска при алкилировании бурых углей / Достижения вузовской науки: сборник материалов X Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. С. С. Чернова. — Новосибирск: Изд-во ЦРНС, 2014. — С. 197–201.
9. Zhang H., Mo Y., Sun M. The influence of acid treatment on structure and property of coals / Proceed. Int. Conf. Coal Sci. & Technol. Okinawa. 2005. Pp. 102–104.
10. Носкова Л. П., Сорокин А. П. Метилирование — метод углубления экстракционной переработки угля // Химия твердого топлива. — 2014. — № 5. — С. 3–8.
11. Fazylov S. D., Satpaeva Zh. B., Karipova G. Zh., Tateyeva A. B., Muldachmetov M. Z., Arinova A. E., Dautova Z. S. Influence of microwave irradiation on the extraction out put of humin and bitum in ous substances from brown coals // News of the National Academy of Sciences of the of Kazakhstan. 2017. vol. 3. no. 423. Pp. 103–108.
12. Состояние и перспективы комплексного использования твердых горючих ископаемых / Под общей ред. Е. Г. Горлова. — М., 2011. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Малолетнев Анатолий Станиславович — доктор технических наук, профессор, e-mail: Anatoly-Maloletnev@rambler.ru, МГИ НИТУ «МИСиС».

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analitcheskiy byulleten'. 2018. No. 10, pp. 58–66.

Mineral wax production from bituminous lignite

Maloletnev A.S., Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: Anatoly-Maloletnev@rambler.ru, Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

Abstract. The studies devoted to wax production from bituminous lignite are reviewed. It is shown that mineral wax and its products possess a range of valuable properties (water and acid proofness, low electrical conductivity, etc.), and are irreplaceable in foundry, manufacture of polishing and protective coating blends, in paper and leather industries, cosmetology, medicine, household chemistry and in many other areas of science and production. It is highlighted that an efficient method to produce mineral wax is yet extraction of coal in multiple horizontal extractor, which allows high-quality crude wax production from bituminous lignite of the Tyulgan (South-Ural Basin, Russia) and Alexandria (Dnepr Basin, Ukraine) deposits. The use of benzol and extraction gasoline mixture as a dissolver is of practical interest. It is found that at the same cost and similar results of extraction, the boiling temperature of the extraction gasoline is lower by 30 °C than in gasoline Galosh used earlier. For this reason, the heat consumption of distillation of the extraction gasoline will be also lower. Moreover, the loss of high-boiling fractions with extracted coal will be reduced. The instrumentation and process flow is developed for full-scale plant for annual production of 2500 t of mineral wax from bituminous lignite, and pre-requisites of mineral wax industry in Russia are identified.

Key words: lignite, extraction, mineral wax, instrumentation and process flow.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-10-0-58-66

REFERENCES

1. Maloletnev A. S., Naumov K. I., Gorodnichenko V. I. *Ugol' – poleznoe iskopaemoe*. Uchebnoe posobie [Coal is a mineral. Educational aid], Moscow, 2015.
2. Wise W. C. *Solvent treatment of coal*. London, 1991.
3. Ouchi K., Imuta R. The analysis of benzene extracts of Yubarl Coal. *Fuel*. 2013. vol. 42. Pp. 445–456.
4. <http://www.wachs-und-mehr.de/index.php/en/produkte>.
5. Maloletnev A. S., Naumov K. I., Yushina T. I. *Fiziko-khimicheskie metody pererabotki ugley*. Ch. 2. Ne-toplivnoe ispol'zovanie ugley. Uchebnoe posobie [Physicochemical methods of coal processing. Non-fuel utilization of coal. Part 2. Нетопливное использование углей. Educational aid], Moscow, 2016.
6. Noskova L. P. Ekstraktsionnaya pererabotka nizkokaloriynogo uglya [Extraction processing of low-calorific coal]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2012, no 9(68), pp. 195–200. [In Russ].
7. Shumeyko M. V. Razrabotki OAO «Termokoks» primenitel'no k ryadu otrasley i ikh sotsial'no-ekonomicheskaya otsenka [TERMOKOKS developments as applied to some industry branches and their social and economic appraisal]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2008, no 2, pp. 377–381. [In Russ].
8. Arbuzov V. A., Balpanova M. Zh. Poluchenie gornogo voska pri alkilirovanii burykh ugley [Mineral wax production by alkylation of lignite]. *Dostizheniya vuzovskoy nauki: sbornik materialov X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Chernov S. S. (Ed.). Novosibirsk, Izd-vo TSRNS, 2014, pp. 197–201.
9. Zhang H., Mo Y., Sun M. The influence of acid treatment structure and property of coals. *Proceed. Int. Conf. Coal Sci. & Technol.* Okinawa. 2005. Pp. 102–104.
10. Noskova L. P., Sorokin A. P. Metilirovanie – metod uglubleniya ekstraktsionnoy pererabotki uglya [Methylation—Method of deeper extraction processing of coal]. *Khimiya tverdogo topliva*. 2014, no 5, pp. 3–8. [In Russ].
11. Fazylov S. D., Satpaeva Zh. B., Karipova G. Zh., Tateyeva A. B., Muldachmetov M. Z., Arinova A. E., Dautova Z. S. Influence of microwave irradiation on the extraction out put of humin and bitum in ous substances from brown coals. *News of the National Academy of Sciences of the of Kazakhstan*. 2017. vol. 3. no. 423. Pp. 103–108.
12. *Sostoyaniya i perspektivy kompleksnogo ispol'zovaniya tverdykh goryuchikh iskopaemykh*. Pod red. E. G. Gorlova [Current state and prospects of integrated use of solid combustible minerals. Gorlov E. G. (Ed.)], Moscow, 2011.

