

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав.кафедрой ХТТ

_____ А.В. Кравцов.

«__»_____200__г.

С.Г. Маслов

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫХОДА БЕНЗОЛЬНОГО ЭКСТРАКТА
ИЗ БУРОГО УГЛЯ**

Методические указания по выполнению лабораторных работ
по курсу «Химическая технология первичной и глубокой переработки
нефти и газа» специальности 240403 «Химическая технология
природных энергоносителей и углеродных материалов»

Издательство ТПУ

Томск 2008

УДК 622.33.001.4(083.74)

ББК 6П7.34; X465

Определение выхода бензольного экстракта из бурого угля.

Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Химическая технология первичной и глубокой переработки нефти и газа» специальности 240403 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов» Томск: изд. ТПУ, 2008г. – 14с.

Составитель: С.Г. Маслов

Рецензент: профессор, д.т.н. В.В.Коробочкин

Методические указания рассмотрены и рекомендованы методическим семинаром кафедры химической технологии топлива

«__» _____ 200_г.

Заведующий кафедрой ХТТ,
профессор, докт.техн. наук

А.В. Кравцов

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения.....	4
2. Метод определения выхода бензольного экстракта из бурых углей. ГОСТ 10969-87	11
2.1. Сущность метода	11
2.2. Аппаратура, материалы, реактивы	11
2.3. Подготовка к испытанию	11
2.4. Проведение испытаний	12
2.5. Обработка результатов.....	13
3. Список литературы.....	15

1. Общие сведения

При обработке органическими растворителями различных видов твердых горючих ископаемых в раствор переходят те или иные количества экстрактов, которые принято называть битумами.

Наиболее полно классификация битумов изложена в монографии Белькевича с соавторами [1]. Различные исследователи классифицировали битумы по разным признакам: генетическим, технологическим, физическим. Ивановский [2] предложил химико-товароведческую классификацию. Не останавливаясь на вышеперечисленных классификациях, рассмотрим общепринятые в настоящее время понятия.

В зависимости от способа извлечения различают «битум А», извлекаемый холодным или кипящим растворителем при нормальном давлении, «битум Б», извлекаемый растворителями при повышенной температуре и давлении, «битум С», полученный из сырья, освобожденного от «битума А» и обработанного соляной кислотой. Собственно, битумами общепринято считать только «битум А». В дальнейшем изложении мы будем использовать это понятие и его синонимы – сырой торфяной воск и буроугольный воск [3].

С точки зрения производства торфяных и буроугольных битумов все их многообразие Белькевич [1] сводит к основным четырем типам:

1. Исходные или, сырые воски, представляющие собой экстракты теми или иными органическими растворителями бурых углей или торфа.
2. Обессмоленные воски, полученные путем удаления из сырых восков смолистой части.
3. Рафинированные воски, т.е. осветленные, полученные удалением пигментных веществ из обессмоленных восков.
4. Этерифицированные воски, полученные путем этерификации рафинированных восков моно-, ди-, или полиатомными спиртами или их смесями.

Для удобства эти четыре типа восковой продукции Белькевич [1] предлагает характеризовать буквенными обозначениями. Первая буква носит родовое название, а вторая отражает происхождение воска. Так БВ – воск буроугольный, ВТ – воск торфяной. Второй тип восков: ВБО – воск буроугольный обессмоленный, ВТО – воск торфяной обессмоленный, третий: ВБР – воск буроугольный рафинированный, ВТР – воск торфяной рафинированный, четвертый: ВБЭ – воск буроугольный этерифицированный, ВТЭ – воск торфяной этерифицированный.

Внешний вид и физические свойства битумов различны. Они могут иметь желтую, светло-коричневую, бурую или почти черную окраску. Одни из них твердые и хрупкие, другие – аморфные порошки, а третьи – маслянистые и смолоподобные продукты разной вязкости [4].

Битумы представляют собой гидрофобную составляющую и могут присутствовать как в свободном так и в связанном с другими группами веществ состоянии [4, 5]. Битумы – олеофильная дисперсная система. Их элементарной структурной единицей является мицелла, состоящая из конденсированного асфальтенового ядра со стабилизирующей пленкой смол. Дисперсной средой служат масла. Смолы придают битумам вязкость и пластичность. В битумах твердых горючих ископаемых развита кристаллическая структура, состоящая из воска и парафина. Кристаллизационная структура определяет специфические свойства битумов, а именно, жесткость, малую эластичность и хрупкость. Буроугольный воск обладает рядом важных свойств [4], а именно: высокой температурой плавления, низкой электропроводностью, водонепроницаемостью и кислотоустойчивостью, а также способностью противостоять действию окисления и микроорганизмов и давать на поверхности кожи, дерева, пластмасс и бумаги блестящую стекловидную пленку. Благодаря этим свойствам они находят широкое применение в электротехнической промышленности для изготовления изоляционных материалов, в полиграфической и бумажной промышленности – для производства копировальной бумаги, лент пишущих машинок и лучших сортов восковой и упаковочной бумаги, в кожевенно-обувной промышленности – для приготовления кремов, мазей, аппретур и отделочных восков. Буроугольный воск применяется в производстве консистентных смазок для прокатных станков, для изготовления мебельных мастик и паст, косметических кремов и мазей, для консервирования сыров, скоропортящихся продуктов и фруктов, при изготовлении пластилина, технических восковых карандашей и пастели, свечей, как связующее в производстве угольных брикетов.

Сырой торфяной воск [6], благодаря его специфическим свойствам: пластичности, хорошей сплавляемости с другими материалами, отсутствию линейной усадки при охлаждении расплавов, равномерной кристаллизации, способности образовывать стойкие эмульсии, устойчивости против атмосферных и бактериальных воздействий, хороших диэлектрических характеристик, нашел применение более чем в 200 отраслях хозяйственной деятельности человека. Это модельные составы для точного литья, разделительные составы для производства изделий из пенополиуретанов, защитные и консервационные составы для техники, изделия для бытовой химии, полиграфии и т.д. Особый интерес представляют работы по

использованию торфяного воска и экстрактов из него для приготовления медицинских мазей и косметических препаратов. Их высокий лечебный эффект обуславливают биологически активные вещества составляющие основу торфяного воска. Этанольный экстракт смолы торфяного воска проявляет высокий терапевтический эффект при лечении кожных, стоматологических и гинекологических заболеваний. Исследование биологического действия CO_2 – экстрактов торфа показало, что они обладают повышенным антимикробным действием, способствуют получению стерильных экстрактов. Клинические испытания лекарственного средства «Торфэнал» показали его высокую терапевтическую эффективность при лечении больных экземой, псориазом, атоическим дерматитом, красным плоским лишаем и др. Экстракты торфа можно вводить в различные типы мазей, лосьонов в качестве совмещения лечебно-профилактического действия с косметико-гигиенической функцией. Следует отметить, что в ряде случаев, например, при разработке составов для точного литья, составов смазок для производства полиуретанов, в изделиях бытовой химии наилучшие результаты получаются при совместном применении бурого торфяного и торфяного восков [1].

Описанное многообразие свойств и областей применения битумов из торфа и бурого угля определяется их химическим составом. В свою очередь последний зависит от вида горючего ископаемого и химической природы применяемых растворителей. Лиштван, Король [7], по материалам паспортизации торфяного сырья отмечают, что содержание в органической массе торфа битумов, экстрагируемых бензолом, колеблется в пределах 1,2-17,7%. Битуминозность торфа верхового типа значительно выше, чем низинного. Если нижний предел содержания бензольных битумов у торфов низинного и верхового типов одинаков (1,2%), то верхний у торфов низинного типа равен 12,5%, а у верхового – 17,7%. По содержанию битумов различные виды торфа расположены в ряд: верховой тип – сосново-пушицевый > пушицевый > сосновый > сосново-сфагновый > шейхцериевый > пушицево-сфагновый > шейхцерииво-сфагновый; низинный тип – шейхцериевый > сосновый > древесно-тростниковый > древесно-осоковый > сфагновый > осоково-гипновый > осоково-сфагновый [5]. В торфе верхового и переходного типов наблюдается прямая зависимость содержания битумов от степени разложения [7]. В низинном торфе эта связь искажена влиянием водно-минерального режима торфообразования и практически не прослеживается. Увеличение в составе минеральной части торфа кальция (или рост показателя рН), как правило влечет за собой увеличение битуминозности. Осоковый торф, например, при степени разложения 20% имеет выход битумов 5,92%, а при степени разложения 43% –

2,49%. Тростниковый торф со степенью разложения 45% в одном случае имеет битумов 7,14%, а в другом – 1,73%. Во всех случаях это сопровождается соответствующим изменением содержания окиси кальция, для осокового 1,45% и 3,84%, а тростникового 1,22% и 4,62% соответственно [7].

Количественный выход битумов из бурых углей разных месторождений, колеблется в весьма широких пределах [3]. Для украинских землистых бурых углей от 2,34 до 20,94% (бензол), для бурых углей Львовской и Закарпатской областей от 4,49 до 8,34% (бензол) и от 4,30 до 13,88 (спирто-бензол). Для Подмосковского бассейна: полублестящие угли 1,34-2,95%, полуматовые – 2,24-4,34%, матовые – 1,50-4,84%, сажистые – 2,27-3,64%. Для землистых бурых углей Германии выход спирто-бензольного экстракта то 6,3 до 36,6%, а американских бурых углей от 1,6 до 14,2% (бензол), от 3,3 до 21,2% (спирто-бензол). Жаркова и Серова [8] приводят следующие выходы для бурых углей перспективных для производства буроугольного воска: Семеновско-Александровское месторождение: 1,13-17,1% (спирто-бензол), 0,8-22,0% (дихлорэтан), 0,-31,3 (спирто-бензол, дихлорэтан); Новодмитровское месторождение: 7,1-11,8% (спирто-бензол), 6,72% (бензол); Южно-Уральский бассейн: 22-27% (спирто-бензол), 17,1-18,5% (дихлорэтан), 9,5-10,5% (бензин), 13,9-16,0% (бензол); Амурская область: 11,7% (спирто-бензол), 9,25% (дихлорэтан), 8,2% (бензол), 5,43% (бензин); Приморский край: 11,2% (бензол); Жидковичское месторождение (Белоруссия): 6,0% (бензин); Грачевское месторождение (Калининская область): 9÷12% (бензол).

Как видно из приведенных данных большое влияние на выход битумов оказывает вид растворителя. Сасим, Белькевич [9] дают следующие приблизительные соотношения. Если принять экстракционную способность бензола за единицу, то петролейный эфир – 0,42, бензин – 0,83, дихлорэтан – 0,98, спирто-бензол – 1,37. Раковский [10] подчеркивает, в зависимости от соотношения содержания в битуме восков и смол величина процентного выхода битумов при извлечении их из торфов различными растворителями сильно колеблется. Он указывает, что слабым растворителем битумов являются низкокипящие углеводороды жирного ряда, например петролейный эфир. Значительно полнее экстрагируют битумы ароматические углеводороды, например бензол. По сравнению с бензином он лучше растворяет и смолы и воска. Этиловый спирт, хорошо растворяя смолы битумов, слабее – воска. Поэтому лучшими растворителями битумов являются смешанные растворители, например спирто-бензол.

Обычно битумы характеризуют по содержанию восков, смол, кислотному числу, эфирному числу, числу омыления, йодному числу,

температуре плавления. Иногда дополнительно определяют зольность, содержание углерода и водорода, содержание парафинов и масел.

Таблица 1

Зависимость свойств буроугольного воска от природы растворителя

Растворитель	Температура кипения растворителя, °С	Выход экстракта		Температура плавления, °С	Кислотное число, мг/г	Число омыления, мг/г	Количество золы, %
		на безводный уголь, %	на бензольный экстракт, %				
Бензол	75-80	12,0	100,0	75-76	31	73	0,2
Толуол	110	12,6	105,0	77	32	82	0,3
Ксилол	136-140	12,7	105,0	76,5-77	29	76	0,3
Циклогексан	81	9,9	82,5	76	29	82	0,3
Петролейный эфир	40-50	5,0	41,7	77,5	20	57	0,0
Бензин	60-95	6,6	55,0	79	23	68	0,0
Четыреххлористый углерод	77-78	10,3	83,6	76-77	29	64	0,0
Трихлорэтилен	87-88	12,7	105,9	73-74	33	78	0,35
Дихлорэтан	83,7	11,7	97,5	77	32	77	0,1
Метиловый спирт	65	2,8	23,6	78	30	58	3,0
Этиловый спирт	78	6,0	50,0	74	46	80	1,5
Этанол-бензол 1:1	-	16,4	136,6	74	38	85	0,7
Этанол-бензол 9:1	-	14,9	124,1	74	36	93	0,5
n-пропиловый спирт	97	13,5	112,5	73-74	40	82	0,35
Изоамиловый спирт	130-132	15,1	125,8	74	32	82	0,33
Ацетон	56,1	5,0	41,7	66	41	94	0,28
Пиридин	115	19,4	161,7	76-77	45	79	1,4
Метилэтилкетон	80	12,7	105,8	73-74	47	103	0,2
Бутилацетат	110-132	1,43	119,1	76	40	85	0,14

Как видно из данных таблицы 1, в зависимости от вида растворителя изменяется не только выход битумов, но и их свойства.

Благодаря исследованиям, выполненным в институте торфа АНБССР с применением современных методов [1, 4, 5], выделены классы органических соединений торфяных битумов, идентифицированы индивидуальные вещества и охарактеризованы их свойства. Показано, что торфяной битум состоит из свободных кислот и их сложных эфиров (80,7%). Из 80,3% свободных кислот 27,8% составляют насыщенные жирные кислоты, из которых 24,2% с прямой и 3,6% с разветвленной цепью. Оксикислоты жирного ряда, оксисмоляные кислоты, фенолоксикислоты и другие соединения составляют 52,5%. В битуме содержится 8,8% спиртов, в том числе 2,7% нормального строения; изоостроения, циклические и терпенового характера со смешанными функциями составляют 6,1%. Выделены углеводороды 6,3%, в том числе алифатические $C_{36}H_{72}$, $C_{33}H_{68}$ и циклические $C_{23}H_{24}$, $C_{20}H_{12}$, $C_{15}H_{24}$, ароматические – ретен ($C_{18}H_{18}$), фихтеллит ($C_{19}H_{34}$), перилен ($C_{20}H_{12}$), пирен ($C_{16}H_{10}$). Химический состав смол сырого торфяного воска

существенно зависит от применяемых растворителей и подробно изложен в монографии [12].

Состав буроугольных битумов исследовался немецкими исследователями, а в СССР под руководством Голованова [11]. Восковая часть представляет собой прежде всего эфиры жирных кислот и высокомолекулярных одноатомных спиртов, часто называемых восковыми спиртами. Наряду с эфирами большинство восков содержит также свободные жирные кислоты ($C_{17} - C_{34}$), их ангидриды, лактоны, а также свободные ненасыщенные восковые спирты и некоторые углеводороды. Спирты входящие в состав воска, в основном являются первичными, число углеродных атомов в которых колеблется от 16 до 32. Экспериментально установлено также, что восковые эфиры образованы главным образом из кислот $C_{22} - C_{30}$ и спиртов C_{24} , C_{26} , C_{30} . В целом восковая часть буроугольного воска характеризуется следующим составом, %: эфиры – 50÷60, спирты – 15÷25, кислоты – 15÷25, углеводороды – 10÷20, прочие соединения – 3÷8. Химический состав смоляной части буроугольного воска изучался в основном немецкими и нашими исследователями и обобщен в монографии [12]. Показано, что в состав смол входят тритерпеновые кетоны, спирты, кислоты и лактоны, а также содержатся гидроароматические соединения с пиценовыми, хризеновыми и фенантреновыми структурами. Смола среднегерманского буроугольного воска содержит летучих терпенов 0,12%, политерпенов 3,41%, смоляных спиртов 1,43%, смоляных кислот 4,08%, оксикислот 9,44%, стеринов 0,1%, парафинов 0,5%, восковых спиртов 2,65%, кислот 1,4%, низших жирных кислот 0,11%. Смола экстрактов александрийского бурого угля состоит из нейтральной (54,7%) и кислой (45,3%) частей. В кислой части имеются кислоты и фенолы, калиевые соли, феноляты. Часть асфальтенов носит двойной характер – фенольный и асфальтоподобный. Григорьева исследовала [13] смолу бензольного экстракта бурого угля разреза Кумертау Южно-Уральского бассейна и показала, что смола состоит из циклических кислот, фенолов и соединений нейтрального характера. Асфальтены представляют сложную смесь полифункциональных соединений. Масла состоят в основном из смеси полициклических соединений, имеющих в разных количествах гидроароматические и ароматические циклы, а также алефатические боковые цепи. Свыше 60% состава масел приходится на долю спиртов и сложных эфиров, 40% являются смесью карбонильных, карбоксильных и эфирных соединений. Кислые компоненты смол представлены алициклическими кислотами с содержанием углерода от C_{19} до C_{41} .

2. Метод определения выхода бензольного экстракта из бурых углей. ГОСТ 10969-87

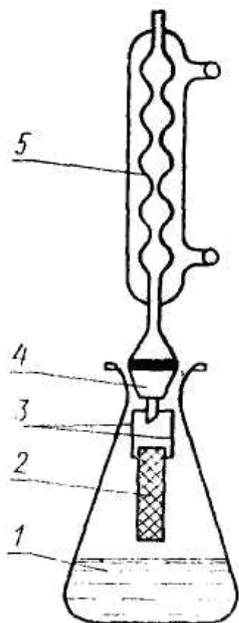
2.1. Сущность метода

Сущность метода заключается в экстрагировании битума из бурого угля бензолом, отгонки последнего из раствора и высушивании полученного экстракта до постоянной массы.

2.2. Аппаратура, материалы, реактивы

Для проведения испытания должны применяться:

- прибор экстракционный (см. чертеж), который состоит из широкогорлой конической колбы 1 вместимостью 500 мл, обратного шарикового холодильника 5, заканчивающегося для соединения с колбой шлифом (40/42) 4. Мешочек из марли 2, который подвешивают с помощью двух проволочек 3 к отверстиям, расположенным в нижней части обратного холодильника;



- шкаф сушильный;
- шкаф сушильный вакуумный;
- термостат;
- весы аналитические;
- баня водяная или песочная;
- бумага фильтровальная;
- бензол, перед употреблением должен быть высушен гранулированным хлористым кальцием;
- кальций хлористый гранулированный;
- прибор для отгонки бензола, состоящий из конической колбы вместимостью 250 мл, холодильника и приемника;
- центрифуга;
- чашка фарфоровая выпарительная или тигель.

2.3. Подготовка к испытанию

Из воздушно-сухой лабораторной пробы бурого угля, берут навеску массой 50 г просеивают ее последовательно через сито с размером сторон ячеек 1 и 0,2 мм. Остаток на сите 1 мм доизмельчают в фарфоровой ступке или любым другим способом до размера зерен менее

1 мм и просеивают через те же сита. Если в подготовленной таким образом пробе содержание фракции с размером частиц менее 0,2 мм не превышает 50% от общей массы пробы, оба отсева соединяют вместе. В противном случае проба отбраковывается. Уголь перемешивают в банке шпателем или ложечкой и берут для испытания навеску массой 10 г, взвешивают с погрешностью до 0,0002 г. Одновременно производят определение содержания лабораторной влаги. Лабораторная влага экстрагируемой пробы не должна превышать 20%.

Навеску угля помещают в патрон, сделанный из двух слоев фильтровальной бумаги, сверху навеску покрывают тонким слоем ваты или кружочком фильтровальной бумаги. Выступающие края бумаги загибают.

Патрон с навеской угля помещают в мешочек, который прикрепляют к отверстиям, расположенным в нижней части обратного холодильника. В коническую колбу наливают 150 мл бензола и присоединяют ее к холодильнику.

2.4. Проведение испытаний

Колбу с бензолом нагревают на водяной или песочной бане до кипения бензола и поддерживают кипение в течение всего испытания. Пары кипящего бензола конденсируются в холодильнике и, стекая, бензол попадает в патрон с углем. Экстракцию производят в течение 4 ч. Начало экстракции считают с момента падения первой капли конденсата из холодильника.

При попадании угля в раствор экстракта испытание считают недействительным и его повторяют вновь.

Раствор из экстракционной колбы переливают во взвешенную коническую колбу вместимостью 250 мл. Экстракционную колбу дважды ополаскивают бензолом и выливают в коническую колбу.

К конической колбе с раствором подсоединяют холодильник и отгоняют бензол. Для удаления остатков бензола из экстракта колбу помещают в вакуумный сушильный шкаф и сушат при температуре 50 – 60°C при остаточном давлении 50 – 100 мм рт. ст. до постоянной массы. Взвешивания производят с погрешностью не более $\pm 0,2$ мг.

При отсутствии вакуумного шкафа испарение остатков бензола и сушку экстракта можно производить в сушильном шкафу при температуре 85 – 90°C.

Если битумы предназначены для дальнейших исследований, то раствор из экстракционной колбы переливают в круглодонную колбу вместимостью 250 мл, смывая экстракционную колбу дважды бензолом. Круглодонную колбу присоединяют к холодильнику и отгоняют часть

бензола. Остаток раствора около 30 – 40 мл переносят во взвешенную с погрешностью до 0,0002 г фарфоровую чашку, смывая колбу бензолом два-три раза. Далее бензол полностью испаряют на водяной бане. Оставшийся экстракт в чашке сушат до постоянной массы, как указано выше.

Все данные заносятся в Таблицу 2.

Таблица 2

Определение выхода битумов

Дата	Объект исследования	Вес гильзы, г	Вес гильзы с навеской, г	Навеска, г	W ^a , %	A ^a , %	Сухая масса навески, г	Органическая масса навески, г	Вес чашечки, г	Вес чашечки с битумами		Вес сухих битумов, г	Выход битумов, %, B ^a	Средний выход битумов, %, B ^{cp}	Выход битумов на сухое топливо, %, B ^d	Выход битумов на горючую массу, %, B ^{daf}
										1 ^{ое} взвешивание	Контрольное взвешивание					

2.5. Обработка результатов

Выход бензольного экстракта из воздушно-сухой пробы, бурого угля (B^a) в процентах вычисляют по формуле

$$B^a = \frac{m_1 \cdot 100}{m},$$

где m – масса навески угля, г;

m_1 – масса экстракта, г.

Выход бензольного экстракта из сухой пробы угля (B^d) в процентах вычисляют по формуле

$$B^d = \frac{B^a \cdot 100}{100 - W^e},$$

где W^e – содержание лабораторной влаги в испытываемой пробе.

Выход бензольного экстракта на горючую массу угля (B^{daf}) в процентах вычисляют по формуле

$$B^{daf} = \frac{B^a \cdot 100}{100 - W^a - A^a},$$

где A^a – зольность угля.

Подсчет результатов анализа производят с погрешностью до 0,1%.

Допускаемое расхождение между результатами двух параллельных определений выхода бензольного экстракта (в пересчете на сухую массу угля) не должно превышать величины, приведенной в таблице 3.

Таблица 3

Допустимые расхождения

Выход бензольного экстракта, %	Допускаемые расхождения между результатами параллельных определений, %	
	в одной лаборатории	в разных лабораториях
До 5	0,3	0,5
Св. 5 до 10	0,5	0,7
» 10	1,0	1,5

Если расхождение между результатами параллельных определений превышает приведенную величину, определение повторяют. За окончательный результат анализа принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

3. Список литературы

1. Белькевич П.И., Гайдук К.А., Зуев Л.А. и др. Торфяной воск и сопутствующие продукты. Минск: Наука и техника. – 1977. – 232с.
2. Ивановский Л. Энциклопедия восков. Л.: Гостойтехиздат. – 1956. – 146с.
3. Аронов С.Г., Нестеренко Л.Л. Химия твердых горючих ископаемых. Харьков: Из-во Харьковского госуниверситета. – 1960. – 371с.
4. Белькевич П.И., Голованов Н.Г. Воск и его технические аналоги. Минск: Наука и техника. – 1980. – 176с.
5. Белькевич П.И., Голованов Н.Г., Демидович Е.Ф. Битумы торфа и бурого угля. Минск: Наука и техника. – 1989. – 127с.
6. Лиштван И.И. Физико-химические свойства торфа, химическая и термическая его переработка. Химия твердого топлива. – 1996. – №3, С.3-23.
7. Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника. – 1975. – 320с.
8. Жарова М.Н., Серова Н.Б. Сырьевые ресурсы производства буроугольного воска. Химия твердого топлива. – 1975. – №6, С.21-30.
9. Сасим А.С., Белькевич П.И. Экстракция битума из торфа бензином «калогиа» при разных температурах. Труды института торфа АНБССР. – Минск: 1957. – т. VI. – С.209-216.
10. Раковский В.Е. Общая химическая технология торфа. М.:–Л.: Госэнергоиздат. – 1949. – 363с.
11. Родэ В.В., Жарова М.Н., Костюк В.А. и др. Основные проблемы получения и использования буроугольного воска. Химия твердого топлива. – 1974. – №6, С.105-118.
12. Белькевич П.И., Голованов Н.Г., Демидович Е.Ф. Химия экстракционных смол торфа и бурого угля. Минск: Наука и техника. – 1985. – 168с.
13. Родэ В.В., Новаковский Е.М. Получение горного воска из битуминозных бурых углей. Химия твердого топлива. – 1995. – №3, С.43-50.

