

ГОРНОЕ И ЗАВОДСКОЕ ДѢЛО.

О СТРОЕНИИ И ПРОДУКТАХЪ РАСПАДА БИТУМИНОЗНЫХЪ ГОРНЫХЪ ПОРОДЪ ЭСТЛЯНДИИ.

Инж.-техн. Л. Ф. Фокина.

Быстро возрастающее въ технику значеніе жидкаго топлива, въ связи съ кризисомъ нефтяной промышленности, заставляетъ обратить вниманіе на иные, кромѣ нефти, источники для полученія горючихъ минеральныхъ маселъ. Въ настоящее время утилизація побочныхъ продуктовъ газоваго и коксоваго производствъ доставляетъ уже значительное количество смолъ и жидкихъ углеводородовъ, находящихъ себѣ примѣненіе во многихъ случаяхъ на ряду съ нефтяными продуктами. Кромѣ того, сухая перегонка богатыхъ битуминозныхъ ископаемыхъ уже съ давнихъ временъ составляетъ въ Европѣ основаніе крупныхъ отраслей промышленности, снабжающей рынки жидкими горючими матеріалами. И въ Россіи въ эпоху, предшествующую блестящему періоду развитія нефтяного дѣла, были сдѣланы попытки получать минеральныя масла изъ ископаемыхъ твердыхъ породъ; именно, въ подмосковномъ районѣ, обладающемъ богатыми запасами битуминозныхъ каменныхъ углей, такъ называемыхъ русскихъ богхедовъ, былъ сооруженъ первый перегоночный заводъ. Но въ то время, когда единственнымъ продуктомъ перегонки угля, имѣющимъ промышленную цѣнность, являлись освѣтительныя масла, подобныя предпріятія были обречены, конечно, на гибель при появленіи керосина изъ нефтяныхъ фонтановъ. Экономическая и техническая эволюція въ наши дни дѣлаетъ вполне своевременнымъ снова обратиться къ заброшенному дѣлу и попытаться изслѣдовать, при какихъ условіяхъ возможно возобновленіе оставленнаго производства на новыхъ принципахъ. И это тѣмъ болѣе умѣстно, что наша страна обильна запасами самыхъ разнообразныхъ типовъ битуминозныхъ ископаемыхъ. Подобныя образованія встрѣчаются не только въ центральномъ районѣ среди угольныхъ отло-

женій подмосковнаго бассейна, но занимаютъ еще обширныя площади на сѣверѣ въ извѣстномъ Ухтинскомъ районѣ (доманики) и обнаружены даже близъ Петербурга.

Битуминозныя ископаемыя интересны не только какъ источникъ тепловой энергіи для будущихъ поколѣній; ихъ промежуточное положеніе въ непрерывномъ ряду органическихъ ископаемыхъ между твердыми каменными углями и жидкими углеводородами нефти привлекаетъ вниманіе изслѣдователя надеждой, изучая ихъ природу, найти новые матеріалы для сужденія объ условіяхъ образованія и накопленія въ природѣ жидкихъ органическихъ соединеній. Въ то время какъ подвижныя залежи нефти почти всегда оторваны отъ родной почвы, гдѣ онѣ образовались, и лишь послѣ безчисленныхъ трансформаций физическаго и химическаго характера, въ ихъ длинной исторической дорогѣ сквозь толщи разнообразныхъ горныхъ породъ, попадаютъ на современныя мѣста залеганія, минералы, богатые углеводородами, но еще не жидкіе, были связаны, очевидно, со дня ихъ рожденія съ той средой, въ которой мы ихъ встрѣчаемъ сейчасъ. Мы имѣемъ въ виду, конечно, не тѣ горныя породы, которыя пропитаны битумомъ, пришедшимъ со стороны и вслѣдствіе химическихъ превращеній фиксированномъ однажды въ данномъ мѣстѣ и данной средой, но лишь тѣ органическія отложенія, которыя образовались одновременно съ минеральными породами, ихъ окружающими, и по своей природѣ не являются даже въ настоящее время минеральными маслами, но лишь способны, разлагаясь при нѣкоторыхъ условіяхъ, среди другихъ продуктовъ давать и нефтеподобныя или смолистыя жидкости.

Среди другихъ органическихъ ископаемыхъ куккерскіе битуминозные сланцы занимаютъ исключительное положеніе по древности своего образованія, гораздо болѣе глубокой, чѣмъ всѣ извѣстныя каменноугольныя образованія.

І. Геологическій очеркъ.

Нахожденіе горючихъ смолистыхъ сланцевъ вдоль южнаго побережья Финскаго залива уже издавна привлекало къ себѣ вниманіе, какъ ученыхъ изслѣдователей, такъ и людей практики. Возможность полученія цѣнныхъ жидкихъ продуктовъ, подобныхъ нефтяному маслу, путемъ сухой перегонки этой горной породы, была продемонстрирована впервые Гельмерсеномъ въ 1838 году (Helmersen Bull. Acad. Sc. P., t. 8, p. 185), какъ упоминаетъ объ этомъ академикъ Ф. Шмидтъ. Съ тѣхъ поръ не было недостатка въ попыткахъ найти практическое примѣненіе этому интересному ископаемому, прежде всего въ видѣ твердаго топлива, затѣмъ для обогащенія свѣтительнаго газа, и, наконецъ, въ видѣ удобри- тельнаго матеріала (Funké); къ сожалѣнію, въ технической литературѣ не осталось слѣдовъ работы въ этомъ направленіи. Мы имѣемъ нѣсколько анализовъ Шамарина (Schamarin „Archiv für Naturkunde Liv. Est. und

Kurland, Série "I, p. 60), бросившихъ нѣкоторый свѣтъ на составъ минеральной составной части породы, а изслѣдованіе А. Купфера (A. Kupfer „Ueber die chemische Konstitution der Baltisch-Silurischen. Schichten. "Arch. für Naturkunde". 1870. Bd. 5), касается органической части битуминозныхъ горныхъ породъ, которыя встрѣчаются среди отложеній побережья Финскаго залива.

Геологическая классификація. Изслѣдованія академика Ф. Шмидта установили положеніе пластовъ, содержащихъ интересующій насъ горючій сланецъ среди другихъ отложеній Силурійской системы („Revision der Ostbaltischen Silurischen Trilobiten nebst geognostischer Uebersicht der Ostbaltischen Silurgebiet". Mem. Ac. d. Sc. de St.-Pétersb. XXX, № 1); благодаря богатымъ и хорошо сохранившимся остаткамъ органической жизни можно было установить взаимную связь извѣстныхъ тогда выходовъ этой породы въ губ. Петербургской (Дятлица) и Эстляндской на протяженіи около 100 верстъ и констатировать ихъ одинаковый геологическій возрастъ. Битуминозныя горныя породы встрѣчающіяся вдоль южнаго побережья Финскаго залива, относятся къ двумъ различнымъ группамъ осадочныхъ образованій, которыя нельзя смѣшивать. Это, во-первыхъ, битуминозно-глинистый сланецъ темно-бурого или чернаго цвѣта съ содержаніемъ не выше 25% органическихъ веществъ, съ многочисленнымъ включеніемъ раковинъ Dictyonema, названный поэтому диктионемовымъ сланцемъ; мощность этого сланца достигаетъ 6 метровъ у Копорья и 5 метровъ у Балтійскаго порта. Выходы этой породы извѣстны и на другомъ берегу Балтійскаго моря, въ Швеціи. Этотъ сланецъ относится къ Верхне-Кембрійскимъ отложеніямъ и не можетъ считаться въ данное время интереснымъ съ точки зрѣнія использованія битума. Вторая группа содержащихъ болѣе значительное количество органическаго вещества породъ, относится къ болѣе раннимъ ниже-силурійскимъ образованіямъ. Это свѣтлый, горючій куккерскій сланецъ, отличающійся высокимъ содержаніемъ органическихъ веществъ. Въ нѣкоторыхъ образцахъ этого сланца заключается до 74% органическаго вещества. Выходы этой породы развѣданы между Іеве и Везенбергомъ къ сѣверу отъ линіи Балтійской жел. дороги до береговъ залива. Мощность этихъ отложеній значительно меньше и достигаетъ лишь 2 метровъ. Образцы куккерскаго сланца, выдающіеся по своему богатству органическими веществами, взяты изъ спеціальныхъ шурфовъ близъ Изенгофа, а также собраны по руслу рѣкъ и частью получены черезъ горнаго инженера С. Савинскаго, производившаго изысканія въ этой мѣстности.

Описаніе горной породы. Горючій сланецъ, какъ онъ залегаетъ въ природѣ, нелегко отличить отъ породъ, его сопровождающихъ. Сообразно составу минеральной части породы, цвѣтъ, плотность и строеніе мѣняются въ широкихъ предѣлахъ; начиная отъ плотнаго, свѣтлаго известняка до темно-бурого, рыхлаго, глинистаго сланца, усѣяннаго раковинами и дру-

гими остатками органической жизни, можно встрѣтить цѣлую серію переходныхъ типовъ. Сухую породу легко можно зажечь спичкой и горить она яркимъ коптящимъ пламенемъ, распространяя специфическій пригорѣлый смолистый запахъ. При горѣнии порода не трескается и зола остается въ формѣ обломковъ исходнаго матеріала. Удѣльный вѣсъ породы весьма низкій и при 50% органическаго вещества равнялся 1,6 (по опредѣленію въ приборѣ Кандло-Ле-Шателье), а при содержаніи 74% падалъ до 1,23. Окисленіе органической массы идетъ довольно быстро при обыкновенной температурѣ, на что указываетъ побурѣніе минерала на воздухѣ. Вслѣдствіе плотнаго строенія влажность не достигала 1½% въ воздушно-сухомъ образцѣ. По химическому составу минеральная составная часть битуминознаго сланца представляетъ различныя смѣси углекислой извести съ кремнеземомъ и глиноземомъ. Наболѣе богатые известью образцы содержатъ 88 % $Ca\ CO_3$, а наболѣе глинистые лишь 50% углекислой извести, по расчету на минеральныя части. Содержаніе кремнезема колеблется отъ 6 до 11%. Подробный анализъ двухъ образцовъ изъ Іеве и Новаго Изенгофа далъ слѣдующіе результаты:

Таблица 1-я.

Образцы бѣлой породы.

$Ca\ O$	29,3
$Al_2\ O$	15,68
CO_2	24,02

Изенгофъ. Темный образецъ.

Влажности	2,93
$Ca\ O$	16,32
$Mg\ O$	0,38
$Al_2\ O_3$	5,92
$Fe_2\ O_3$	0,56
$Si\ O_2$	13,37
CO_2	12,95
S	0,87
Органич. вещества	46,70

II. Органическая масса.

Органическая часть породы. Органическая составная часть горной породы не отдѣляется отъ минеральной части, ни выщелачиваніемъ самыми разнообразными органическими растворителями, ни механическимъ раздѣленіемъ, отмучиваніемъ, струею воды, или тяжелыми жидкостями. При попыткахъ экстрагировать растворимыя части битуминознаго характера послѣдовательно были примѣнены: спиртъ, эфиръ, хлороформъ, бензолъ, сѣрнистый углеродъ, CCl_4 , C_6H_6 , ацетонъ, бензинъ, пиридинъ и т. д. на холоду и кипяченіи въ приборѣ Сокслета, но безъ результата; все количество, извлекаемаго этими растворителями, смолистаго янтарнаго

цвѣта, масла, затвердѣвающего въ видѣ тонкой пленки, послѣ удаленія растворителя, не превышало 0,1% органическаго вещества, взятаго въ обработку, и это можно объяснить частичнымъ разложеніемъ органическаго вещества при раздробленіи и происходящихъ при этомъ мѣстныхъ нагрѣваніяхъ. Поэтому для выдѣленія битума былъ принятъ обратный путь удаленія минеральной части породъ послѣдовательной обработкой кислотами при умѣренныхъ температурахъ и разложеніемъ силикатовъ фтористо-водородной кислотой. Методическимъ разложеніемъ силикатовъ удавалось доводить содержаніе золы въ органическомъ веществѣ, при условіи мелкаго раздробленія, до 0,4%; особенно легко это было осуществить для богатыхъ известью породъ.

Свойства органической массы. Выдѣленная такимъ способомъ органическая масса являлась въ видѣ свѣтло-желтаго порошка (удѣльный вѣсъ 1,07—1,145), бурѣющаго со временемъ при стояніи на воздухѣ. Этотъ порошокъ вовсе не гигроскопиченъ, что существенно отличаетъ его отъ буроугольныхъ образований подобнаго химическаго состава. Органическое вещество, выдѣленное изъ известковыхъ породъ, отличалось болѣе свѣтлымъ, блѣдно-лимоннымъ оттѣнкомъ. Это чрезвычайно интересное обстоятельство, что органическое вещество столь глубокой древности сохранило свѣтлый цвѣтъ, не смотря на легкую свою окисляемость, которая приводитъ порошокъ къ потемнѣнію на воздухѣ уже черезъ нѣсколько дней. Не представляя изъ себя химическаго индивидуума, порошокъ неразстворимъ въ обычныхъ растворителяхъ, но, при обработкѣ щелочами, терялъ до 11% вѣса переходящихъ въ растворъ составныхъ частей.

Разложеніе. Крѣпкія кислоты растворяютъ битумъ, окисляя его, а азотная кислота при непродолжительномъ дѣйствіи уже даетъ оранжевые нитропродукты; при нагрѣваніи изолированнаго органическаго вещества породы плавленія не наблюдается, но выше 250° оно начинаетъ разлагаться съ выдѣленіемъ газовъ и обугливаніемъ; при дальнѣйшемъ повышеніи температуры порошокъ пріобрѣтаетъ характерную подвижность, подобную жидкому тѣлу; загораясь на воздухѣ, онъ выдѣляетъ большое количество дыма. Въ ретортѣ при нагрѣваніи съ 250° начинается сухая перегонка, при чемъ улетучивается отъ 80 до 85% отъ вѣса органической массы въ видѣ постоянныхъ газовъ, паровъ воды и конденсируемыхъ органическихъ соединений; но все время перегоняемая масса не плавится и сохраняетъ агрегатное состояніе твердаго тѣла; остатокъ перегонки—уголь и минеральныя составныя части—составляютъ отъ 15 до 20% отъ вѣса. Коксовая проба въ открытомъ тиглѣ изолированнаго органическаго матеріала съ 1,8% золы дала всего остатка 10,9% при 87,3% летучихъ составныхъ частей. Пары перегоняемыхъ продуктовъ распада отличаются желтымъ или краснымъ цвѣтомъ. Капельки конденсирующей на стѣнкахъ жидкости красного, янтарно-желтаго или рубиново-краснаго цвѣта, при стояніи пріобрѣтаютъ бурый оттѣнокъ или чернѣютъ совсѣмъ. При

перегонкѣ горной породы, неосвобожденной отъ минеральныхъ составныхъ частей, остатокъ отъ дистилляціи въ ретортѣ превышаетъ 20% вслѣдствіе пропитыванія золы минеральными маслами.

Химическій составъ. По химическому составу органическое вещество битуминознаго сланца весьма постоянно, не смотря на широкія колебанія въ составѣ минеральной части горной породы. Анализы образцовъ, выдѣленныхъ изъ трехъ различныхъ шурфовъ, дали слѣдующіе результаты (въ перечисленіи на беззольное вещество):

Таблица 2-я.

	I.	II.	III.	IV.
Водородъ	8,66%	9,02%	8,31%	9,75%
Углеродъ	72,82%	73,4%	72,37%	73,32%
Азотъ	0,68%	0,56%	} 16,72%	11,97%
Кислородъ	16,24%	14,1%		
Сѣра	1,6%	1,92%	2,6%	4,96%

Во всѣхъ предыдущихъ анализахъ азотъ опредѣлялся по Къельдаю, сѣра—по способу Эшкэ, кислородъ—по разности, коксовая проба въ платиновомъ тиглѣ по Морю, и летучія вещества перечислены на безводный минераль. Опредѣленіе теплопроизводительной способности производилось въ калориметрической бомбѣ проф. Соколова и въ бомбѣ Малера. Однако, беззольное органическое вещество представляетъ смѣсь различныхъ матеріаловъ, которая до извѣстной степени можетъ быть раздѣлена отмучиваніемъ. Выдѣленная отмучиваніемъ легкая часть битума, удѣльнаго вѣса 0,98 была проанализирована и дала содержаніе углерода $C = 72,88\%$ и водорода $H = 9,30\%$, т. е. оказалась значительно болѣе гидрогенизированной. Въ четвертомъ столбцѣ таблицы для сравненія приведены данныя анализа французскихъ битуминозныхъ сланцевъ изъ копей Autun, идущихъ на переработку на минеральныя масла. Интересно отмѣтить, что въ куккерскихъ горючихъ сланцахъ минеральная масса сѣры почти не содержитъ, а вся сѣра связана съ органическимъ веществомъ—битумомъ; при общемъ содержаніи сѣры въ породѣ, меньшемъ одного процента, органическая масса содержитъ 1,6—1,9—2,6% сѣры.

Разсматривая результаты элементарнаго анализа органическаго вещества сланца, нельзя не обратить вниманія на сравнительно высокое содержаніе водорода въ этомъ ископаемомъ. Въ то время какъ для угольныхъ образованій пять процентовъ водорода является высшимъ предѣломъ, а во многихъ случаяхъ 3—4% являются обычнымъ содержаніемъ водорода, въ куккерскомъ сланцѣ заключается отъ 8 до 9% водорода; даже если исключить связанный (съ кислородомъ минерала) водородъ, то все же остается около 7% свободнаго (disponible) водорода, что и опредѣляетъ летучесть, легкую воспламеняемость и другія свойства сланца. Приближаясь по этому признаку скорѣе къ битумамъ, чѣмъ къ углистымъ образованіямъ, нашъ минераль отличается, однако, отъ типич-

ныхъ представителей богхедовъ или битумовъ своимъ высокимъ содержаниемъ кислорода; такія цифры какъ 14 или 16 процентовъ кислорода не встрѣчаются въ ряду типичныхъ битуминозныхъ минераловъ, напоминающихъ по внѣшнимъ признакамъ черные каменные угли. Скорѣе внѣшніе признаки сближаютъ органическую массу сланца съ веществомъ нѣкоторыхъ смолистыхъ бурыхъ углей. Легкій удѣльный вѣсъ, не превышающій 1,14, тогда какъ для каменного угля удѣльный вѣсъ 1,4, а для антрацита—1,7; свѣтлая окраска, быстрота сгорания, выдѣленіе специфическаго пригорѣлаго запаха—все это чрезвычайно напоминаетъ бурый уголь; даже болѣе того, для куккерскаго битума наблюдается окрашивание въ бурый цвѣтъ щелочныхъ растворовъ при кипяченіи,—какъ типичная буроугольная реакція, и низкій выходъ твердаго нелетучаго остатка при коксовой пробѣ. Въ противорѣчій съ общими признаками буроугольныхъ образований стоитъ лишь невысокая гигроскопичность основнаго матеріала куккерскаго сланца, каковая не достигаетъ и 0,8 %.

Въ ряду буроугольныхъ образований встрѣчаются весьма богатые водородомъ минералы. Проф. Алексѣевъ предложилъ классификацію бурыхъ углей, основанную какъ разъ на этомъ признакѣ возрастанія водорода. Саксонскіе бурые угли, употребляемые для перегонки на парафинъ и масла, содержатъ около 10% водорода, а минераль пирописситъ даже около 12% H_2 ; въ то же время обыкновенный бурый уголь имѣетъ 5%, а смолистый бурый уголь около 6% водорода. Въ этомъ ряду органическому веществу куккерскаго сланца нашлось бы мѣсто между смолистыми (6%) и саксонскими перегоночными (10%) бурыми углями, а именно въ рядѣ: лигнитъ, бурый уголь, смолистый бурый уголь, горючій сланецъ, саксонскій перегоночный бурый уголь (Schwelkohle) и пирописситъ.

Но эта классификація, какъ основанная исключительно на аналогіяхъ элементарнаго химическаго состава столь сложныхъ смѣсей, каковыми являются органическія ископаемые, никоимъ образомъ не можетъ указывать ни на генетическую связь отдѣльныхъ членовъ ряда, ни на возможность перехода отъ низшихъ къ высшимъ, какъ то имѣетъ мѣсто въ извѣстномъ ряду: торфъ, уголь, антрацитъ. Объединять въ одномъ ряду типичные каменные угли и битуминозные шиферы или богхеды невозможно уже потому, что исходный матеріалъ тѣхъ и другихъ образований, безъ сомнѣнія, былъ различный.

Рациональнѣе раздѣлить ископаемые угли и битуминозные образования на два совершенно самостоятельныхъ ряда. Если было возможно прослѣдить въ природѣ постепенный и непрерывный переходъ отъ торфяныхъ образований къ бурымъ углямъ, отъ бурыхъ углей къ каменному углю и антрацитамъ, процессъ сопровождавшійся накопленіемъ углерода въ органической массѣ, то подобнымъ же образомъ намѣтился уже рядъ ископаемыхъ, битуминозный характеръ которыхъ возрастаетъ съ извѣстной постепенностью; можно прослѣдить накопленіе водорода въ рядѣ обра-

зованій, начиная отъ современныхъ отложений гниlostнаго ила, богатыхъ остатками животной и растительной жизни, идя далѣе черезъ битуминозныя породы третичнаго возраста вплоть до керосиновыхъ шиферовъ Австраліи или богхедовъ Шотландіи. Повидимому оба процесса идутъ въ природѣ параллельно и независимо. Накопленіе углерода (Inkohlung) является слѣдствіемъ отщепленія воды и метана при разложеніи целлюлозы, составляющей главную массу торфа и ему подобныхъ скопленій растительныхъ остатковъ. Процессъ же битуминизаціи или накопленія водорода характеризуется полнымъ разложеніемъ клѣтчатки и вообще не жировыхъ составныхъ частей скопленій органическихъ остатковъ; въ основномъ матеріалѣ происходитъ относительное накопленіе болѣе стойкихъ жирныхъ кислотъ, восковъ и другихъ богатыхъ водородомъ соединений; конечно, предполагается, что на ряду съ легко распадающимися бѣлками, доставляющими азотъ и сѣру конечному продукту, исходный матеріалъ долженъ уже содержать въ готовомъ видѣ эти стойкія производныя углеводородовъ предѣльнаго ряда и олефиновъ.

Съ этой точки зрѣнія и жидкія нефти являются однимъ изъ членовъ намѣченнаго ряда битуминозныхъ ископаемыхъ: пирогенетичное разложеніе твердыхъ битуминозныхъ образованій должно дать въ числѣ продуктовъ распада и жидкую нефть. Дальнѣйшія превращенія жидкой нефти подъ вліяніемъ окисляющихъ факторовъ даютъ асфальты и горныя смолы.

Попытка классификаціи битуминозныхъ ископаемыхъ, предложенная Бертраномъ, развитая Потонье и Энглеромъ, имѣетъ въ основѣ эту идею генетической связи жидкихъ битумовъ съ твердыми битуминозными шиферами и современными гниlostными илами. Подъ именемъ битумовъ объединяются теперь всѣ богатые водородомъ ископаемыя какъ жидкія, такъ твердыя и газообразныя. Въ одной изъ послѣднихъ публикацій Энглеръ раздѣляетъ всѣ подобныя отложенія на пять группъ, руководствуясь главнымъ образомъ, признакомъ растворимости и оставляя въ сторонѣ элементарный химическій составъ. Къ 1-й группѣ по этой классификаціи принадлежатъ *анабитумы*, которые въ большей части представляютъ сохранившіеся непосредственные остатки жизнедѣятельности растительнаго и животнаго міра; это еще не битумы въ собственномъ смыслѣ, но лишь матеріалъ для образованія настоящихъ битумовъ; сюда принадлежатъ горный воскъ, пирописситъ, быть можетъ, озокеритъ, воскообразныя составныя части гниlostаго ила (*Sapropelwachs*); анабитумы растворимы въ бензолѣ и состоятъ изъ соединений невысокаго сравнительно молекулярнаго вѣса. Группу 2-ю составляютъ настоящіе твердые и нерастворимые въ органическихъ растворителяхъ „*полибитумы*“, какъ: богхеды, керосиновые сланцы, сланцы Autun'a и т. д. Энглеръ полагаетъ что они произошли изъ образованій первой группы путемъ полимеризаціи и уплотненія и состоятъ изъ высокомолекулярныхъ углеводородовъ,

совершенно нерастворимыхъ. Но при нагрѣваніи эти битумы очень легко разлагаются и становятся растворимыми. Группу 3-ю какъ разъ и составляютъ отчасти деполимеризованные, благодаря нагрѣванію, *катабитумы*, ставшіе уже растворимыми. Жидкія *нефти*, какъ продукты полного распада твердыхъ битумовъ, составляютъ группу 4-ю и асфальты или *оксидитумы*—последнюю группу; это суть окисленные и снова полимеризованные продукты жидкихъ нефтей.

Органическая масса куккерскаго сланца или битумъ находитъ себѣ мѣсто въ приведенной широкообъемлющей системѣ Энглера во второй группѣ полибитумовъ, которая характеризуется нерастворимостью, содержаніемъ высокомолекулярныхъ углеводородовъ на ряду съ кислородъ содержащими соединеніями; къ этой же группѣ принадлежать и богхеды.

Но классификація битуминозныхъ ископаемыхъ намѣчена Потонье и Энглеромъ еще въ самыхъ общихъ чертахъ. Она полезна для первоначальной оріентировки, но лишь въ самыхъ грубыхъ чертахъ позволяетъ опредѣлить положеніе ископаемаго среди безконечнаго ряда подобныхъ образованій, встрѣчаемыхъ въ природѣ. Если разбираться въ группѣ „полибитумовъ“, включающей такія въ высшей степени разнородныя образованія, какъ: богхеды и французскіе шиферы копей Autun, то слѣдуетъ установить внутри этой группы рядъ подраздѣленій. Принявъ на этотъ разъ за руководящій признакъ химическій составъ, мы въ состояніи распредѣлить полибитумы по содержанію водорода въ рядъ, гдѣ всѣ свойства будутъ измѣняться параллельно измѣненію химическаго состава.

Богхедъ шотландскій.	Австралійскій битумин. сланецъ.	Кеннельскій.	Куккерскій.	Рязанскій богхедъ.
$C : H = 7,5$	$C : H = 7,95$	$C : H = 8,5$	$C : H = 8$	$C : H = 7,6$
$C : O = 46,3$	$C : O = 20$	$C : O = 5$	$C : O = 4,5$	$C : O = 5$

Въ этомъ ряду ископаемыя расположены въ порядкѣ возрастающаго содержанія кислорода по схемѣ предложенной Renault (Bul. Soc. Ind. Miner. 1900). Мы видимъ, что и по этой схемѣ положеніе куккерскаго сланца скорѣе сближаетъ его съ подмосковными бурыми углями, чѣмъ съ типичными шотландскими и французскими представителями битуминозныхъ богхедовъ ¹⁾. Недавно начатыя разработкою въ Канадѣ битуминозные сланцы принадлежать къ группѣ бѣдныхъ кислородомъ ископаемыхъ и, слѣдовательно, отличаются чернымъ оттѣнкомъ. Составъ ихъ по Baskervill'ю $C = 86,3$; $H = 8,96$; $O = 2,0$ (Eng. & Min. Journ, 1909).

Были высказаны взгляды о родствѣ горючихъ сланцевъ Эстляндіи съ ліасовыми шиферами, служащими въ Тиролѣ (Seefeld) для экстракціи ихтіоловаго масла съ 10% сѣры. Химическій анализъ устраняетъ возможность подобныхъ сопоставленій уже по одному незначительному содержанію сѣры въ куккерскихъ минералахъ (см. R. de Chimie Ind. 1909 p. 127).

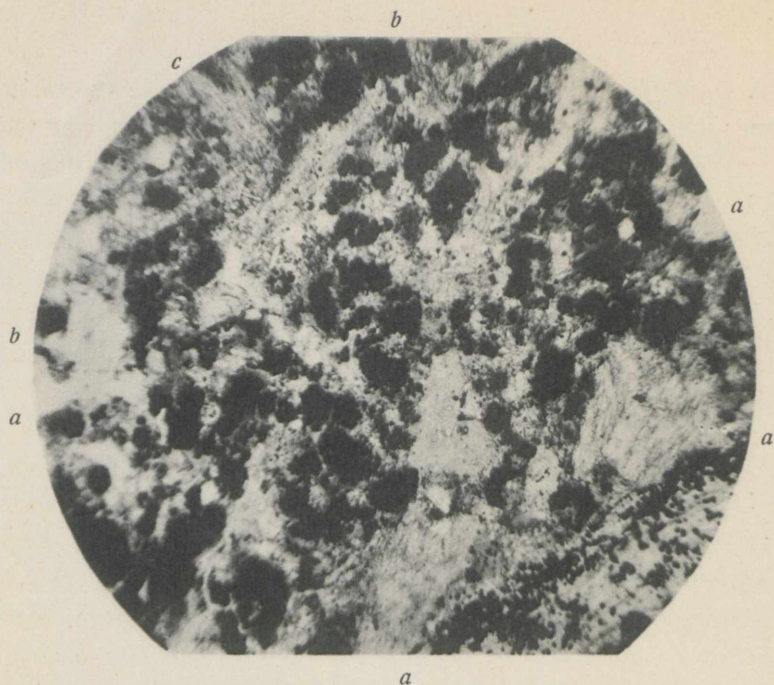
¹⁾ Работы Potonié. Jahrbuch. Kgl. preussich. geolog. Landesanstalt, 1903, 1904.

Микроскопическая структура. Если аналогія химическаго характера связываетъ Эстляндскій сланецъ съ осадочными органическими образованиями болѣе позднихъ эпохъ, то этого все же недостаточно для окончательнаго сужденія о происхожденіи горной породы. Окисленіе пришедшее извнѣ и пропитавшее породу битума, могло бы привести къ подобному процентному составу органической массы, (если откинуть присутствіе сѣры и азота). Для окончательнаго разъясненія вопроса о происхожденіи битума нужно обратиться къ изслѣдованію микроскопической структуры горной породы.

Прозрачные шлифы, приготовленные изъ нѣсколькихъ образцовъ куккерскихъ, іевскихъ, изенгофскихъ сланцевъ представляли подъ микроскопомъ вполне аналогичное строеніе. Бросается въ глаза очевидное раздѣленіе на минеральную и органическую составныя части. Среди основной минеральной массы выдѣлялись включенія, весьма ясно отграниченныя, аморфнаго свѣтло-коричневаго и янтарно-желтаго органическаго вещества, имѣющаго отчетливую сложную форменную структуру. Въ болѣе бѣдныхъ органическимъ веществомъ шлифахъ форменная структура сохранилась болѣе ясно, и вотъ ея основныя черты. Среди деформированныхъ ключеобразныхъ скопленій органической массы буроваго оттѣнка, не прозрачныхъ, выдѣляются ясно отграниченныя свѣтло-желтыя, вполне прозрачныя включенія, имѣющія овальную форму и приблизительно одинаковые размѣры. Эти форменныя образования содержатъ, внутри, все безъ исключенія, группы болѣе мелкихъ бобовидныхъ тѣлецъ, собранныхъ пучками и дающихъ въ цѣломъ почечное строеніе форменнымъ янтарнымъ включеніямъ. Размѣры свѣтло-желтыхъ овальныхъ включеній колебались отъ 0,01 до 0,07 мм. и общая поверхность форменныхъ включеній составляла до $\frac{2}{3}$ всего поля зрѣнія, занятаго органической массой. Минеральныя составныя части, главнымъ образомъ, кальцитъ, ясно вырисовывались по цвѣту внѣ органическаго вещества, или всплывали подъ скрещенными николями всегда внѣ форменныхъ образований. Прилагаемая микрофотографія ¹⁾ даютъ понятія объ общей картинѣ расположенія органическихъ составныхъ частей горной породы. Здѣсь же можно видѣть раздѣленіе органической массы на безформенную среду и особыя овальныя включенія. Отдѣльныя увеличенныя микрофотографіи форменныхъ включеній показываютъ ихъ чрезвычайно тонкую и сложную структуру. Лимонно-желтые тѣльца лишены, повидимому, оболочки и имѣютъ желатинозный характеръ. Внѣдренныя въ нихъ бобовидныя включенія сильно преломляютъ свѣтъ и похожи на капельки масла; эти послѣднія включенія не встрѣчаются никогда въ безформенной основной органической средѣ; зато существованіе форменныхъ образований неразрывно связано съ включеніями послѣднихъ элементовъ. Количество маленькихъ бобовъ достигаетъ 2—3 десятковъ въ каждой каплѣ. Кромѣ нихъ при большихъ

¹⁾ См. фигуры 1, 2, 3, 4, 5 и 6.

Фиг. 1.



Шлифъ Кукерскаго сланца, при 80 линейномъ увеличеніи.

- а) Бѣлые и свѣтлые участки—минеральная основная масса.
- б) Темныя включения — форменные органическіе элементы свѣтло-желтаго цвѣта и прозрачныя въ натурѣ.
- с) Коричневая клочковатая масса безформеннаго органическаго вещества, окружающаго темныя включения б, на фотографіи вышедшая болѣе свѣтлой, чѣмъ предполагаемая тѣла водорослей. Образецъ породы съ 36% органическихъ веществъ.

Фиг. 2.



Шлифъ Іевскаго горючаго сланца при 80 линейномъ увеличеніи.

- а) Бѣлые участки — минеральныя включения.
- б) Разрѣзъ раковины моллюска.
- с) Свѣтлые участки—коричневая, основная органическая масса слоистаго строенія.
- д) Темные участки—форменныя включения свѣтло-желтаго цвѣта. Образецъ породы съ 68% органическихъ веществъ.

увеличеніяхъ можно констатировать присутствіе отдѣльно расположенныхъ палочекъ темнаго цвѣта въ свѣтлой прозрачной массѣ основныхъ тѣлецъ, создающихъ битуминозный сланецъ.

Строеніе богхедовъ. Микроскопическое строеніе куккерскаго горючаго сланца открываетъ картину въ общемъ аналогичную строенію большинства извѣстныхъ битуминозныхъ ископаемыхъ типа богхедовъ. Дѣйствительно, работы французскаго ботаника Бертрана установили¹⁾, что всѣ ископаемыя, дающія мѣсто образованію большихъ количествъ жидкихъ углеводородовъ при перегонкѣ, содержатъ хорошо сохранившіеся остатки особыхъ прѣсноводныхъ водорослей; эти водоросли погружены обыкновенно въ непрозрачную массу гуминового вещества, обладающую, очевидно, предохраняющими противъ разложенія свойствами. Подъ микроскопомъ, на непрозрачномъ черномъ фонѣ основной безформенной массы органическаго вещества богхеда выдѣляются ясно ограниченныя свѣтло-желтыя, прозрачныя, желатинозныя включенія микроскопическихъ размѣровъ; при внимательномъ наблюденіи можно вскрыть сложную и тонкую структуру этихъ желтыхъ тѣлецъ, не оставляющую сомнѣнія въ ихъ принадлежности къ органическому міру. Въ высшей степени замѣчательно то обстоятельство, что битуминозныя ископаемыя изъ самыхъ разнообразныхъ отложеній, изслѣдованныя Бертраномъ, оказались составленными въ большей части изъ остатковъ родственныхъ между собою формъ водорослей, внѣдренныхъ одинаковымъ образомъ въ безформенную основную гуминовую массу. Имъ изслѣдованы были Отюнскіе сланцы во Франціи, Шотландскіе, Австралійскіе изъ Новаго Южнаго Уэльса, и наконецъ, Тасманіи и Южной Америки, и всѣ представляли въ общемъ аналогичное строеніе: конечно, виды водорослей, ихъ размѣры и форма мѣнялись для каждаго отдѣльнаго отложенія, равно какъ и составъ основной органической массы, но во всякомъ случаѣ, это водорослямъ мы обязаны сохраненію специально битуминознаго характера ископаемаго; угли сухіе и коксующіеся подобныхъ включеній не содержатъ. Изслѣдованіе французскаго палеоботаника Рено²⁾ установили присутствіе подобныхъ же форменныхъ включеній и въ русскихъ битуминозныхъ угляхъ Рязанской губ. Муравьевнинскаго района; водоросли, составляющія главную часть этихъ углей, относятся къ особому виду *Pila*, названному въ

¹⁾ Работы С. Е. Bertrand. *Compte Rendus Ac. d. Sc.* 1896, 615, 1897, 161, 1898, 1677, 1899, 1677.

См. сводку С. R. VIII Congrès géologique internationale 1901, 458.

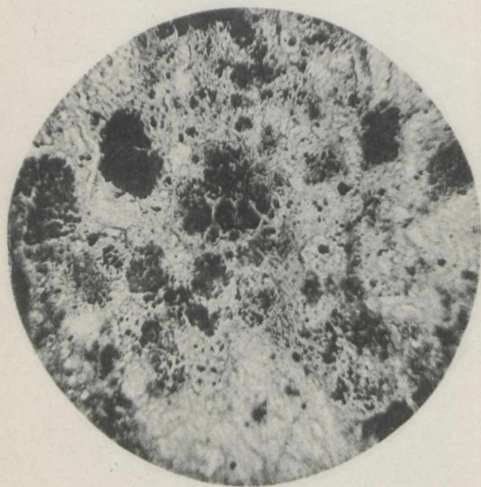
²⁾ Кромѣ хорошо сохранившихся остатковъ водорослей Бертрану удалось подмѣтить существованіе другихъ органическихъ форменныхъ включеній. Пыльца и сѣмена растений оказались наиболѣе часто встрѣчающимися примѣсями къ массамъ водорослей. Еще болѣе тонкія и детальныя изслѣдованія французскаго палеоботаника Рено обнаружили внутри органической массы форменныхъ образований скопленія бактерий—бациллъ и кокковъ тоже хорошо сохранившихся, несмотря на протекшіе геологическіе періоды. Работы французскихъ ученыхъ, положившихъ базисъ нашимъ новѣйшимъ воззрѣніямъ на образованіе нефти, никогда не упоминаются въ Германіи.

честь проф. Карпинскаго; какъ извѣстно, наши подмосковные угли составляютъ переходную ступень отъ каменныхъ къ бурымъ¹⁾).

Отличительныя черты. Куккерскій сланецъ подъ микроскопомъ открываетъ строеніе, какъ было указано, весьма близкое къ схемѣ сложенія вообще всѣхъ битуминозныхъ образованій, описанныхъ Бертрамомъ и Рено, но имѣетъ и свои особенности, не встрѣчающіяся въ ранѣе описанныхъ образованіяхъ. Можно предполагать, что желтыя, прозрачныя, сложно-структурныя включения отвѣчаютъ водорослямъ богхедовъ и битуминозныхъ сланцевъ. Констатировавъ весьма сложное строеніе этихъ включеній въ Эстляндскихъ породахъ, мы не могли однако, найти тѣхъ признаковъ форменныхъ образованій, какія дали бы несомнѣнное право заключить, что это именно остатки прѣсноводныхъ водорослей древней эпохи. Оставляя эту задачу палеоботаникамъ, обратимся къ различіямъ, которыя наблюдаются въ строеніи Эстляндскихъ сланцевъ и богхедовъ. Основная безформенная масса органическаго вещества, аналогичная гуминовой основной массѣ Бертрана, отличается въ нашихъ образцахъ своимъ свѣтлымъ оттѣнкомъ и менѣе плотнымъ сложеніемъ; ея слоистость обнаруживается съ большею ясностью, чѣмъ послойное расположение форменныхъ включеній. Но, что всего замѣчательнѣе,—это то, что форменныя включения часто непосредственно окружены минеральною массою—кальцитомъ безъ всякаго участія предполагаемой изолирующей и предохраняющей гуминовой массы; невольно возникаетъ вопросъ, какъ въ такихъ условіяхъ могло сохраняться отъ разложенія органическое вещество. Предполагая, что предохраняющимъ началомъ вмѣсто органическихъ матеріаловъ, могла явиться кремнекислота, мы проанализировали остатокъ отъ прокаливанія органической массы сланца. При содержаніи около одного процента золы составъ ея былъ: Fe_2O_3 —8%, Al_2O_3 —21%, SiO_2 —60%, CaO —11% и т. д., что не даетъ положительнаго отвѣта. Микрофотографіи показываютъ, какъ разъ эти случаи включенія организованной органической матеріи въ прозрачную массу кальцита (свѣтло-желтыя желатинозныя образованія вышли на фотографіи темными, какъ всегда бываетъ съ желтымъ объектомъ); внутри можно различить собраніе болѣе мелкихъ бобовидныхъ зеренъ, сгруппированныхъ вокругъ нѣкоторыхъ центровъ, такъ что въ общемъ получается какъ бы почковидная структура всего форменнаго образованія (фиг. 4). Равнымъ образомъ нельзя предполагать, что илъ, имѣющій характеръ обыкновенной целлюлозы или гуминовыхъ образованій, былъ пропитанъ вполнѣ жидкимъ битумомъ, поглощеннымъ первоначальной органической массой, совершенно такъ какъ на островѣ Сахалинѣ встрѣчаются обширные старинные торфяники, пропитанные жидкою нефтью, недавно передвинувшейся на ихъ поверхность. Ибо форменныя включения, бога-

¹⁾ Работы Renault Bul. Soc. Ind. Min. 1900, 1899 t. XIII, Renault et C. Bertrand. C. R. Assoc. Fr. 1898 341, 490. Bull. de la Soc. Belge de Geologie 1893.

Фиг. 3.



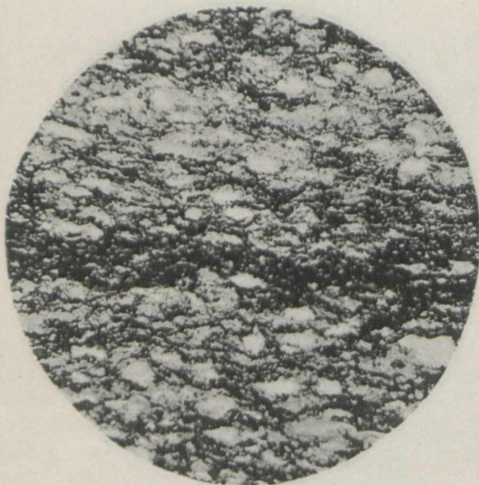
Шлиф Изенгофского сланца, при 80 лин. увелич.
Въ кристаллической массѣ кальцита желтыя формен-
ныя включения почковидной структуры.

Фиг. 4.



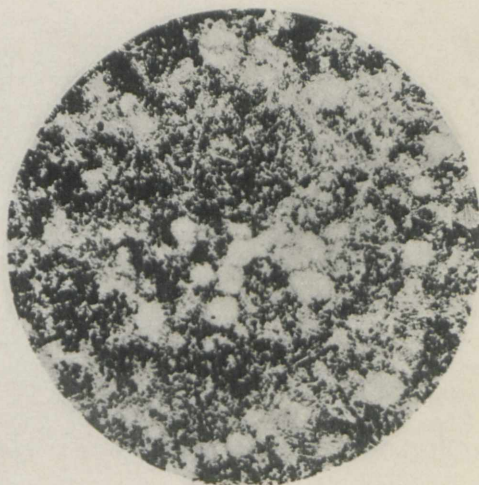
Шлиф Кукерского горячаго сланца,
при 210 лин. увелич.
Образецъ бѣдный органической массой. Форменныя
желтыя образованія непосредственно включены въ
кристаллическую массу кальцита. Можно различить
зернистое строеніе.

Фиг. 5.



Шлиф смолистыхъ сланцевъ съ бассейна рѣки Ухты.
Образецъ породы изъ геологическаго кабинета СПб.
университета. Безформенная слоистая органическая
масса не прозрачна.

Фиг. 6.



Шлиф горячаго слоистаго сланца изъ Нижегородской
губерніи.
Форменные элементы отсутствуют.

тыя углеводородами, расположены равномерно по всей массѣ органическаго матеріала безъ преобладающихъ направлений. На тѣхъ образцахъ, гдѣ въ полѣ зрѣнія попадаютъ остатки раковинъ (фиг. 1, 2 и 3), и другіе остатки животнаго и растительнаго міра, можно ясно видѣть, что осажденіе органическаго вещества происходило одновременно съ осажденіемъ минеральныхъ матеріаловъ и обломковъ раковинъ. Здѣсь яснѣе всего видно, что мы имѣемъ дѣло не съ проникновеніемъ жидкаго битума въ сложившуюся горную породу, въ которой жидкость могла бы распространяться по трещинамъ и порамъ, но съ одновременнымъ отложеніемъ минеральнаго и органическаго вещества на днѣ нѣкотораго бассейна. Въ Отюнскихъ сланцахъ содержится нѣкоторое количество растворимаго битума, извлекаемаго бензоломъ. На шлифахъ этой породы можно видѣть этотъ битумъ распредѣлившимся по трещинамъ, что ясно указываетъ на его позднѣйшее происхожденіе въ сложившейся уже породѣ.

Сопоставленіе многочисленныхъ наблюденныхъ признаковъ позволяетъ сдѣлать заключеніе, что отложеніе органическаго матеріала происходило на днѣ неглубокаго воднаго бассейна, населеннаго богатымъ животнымъ и растительнымъ міромъ. Сохранившаяся часть органическихъ остатковъ богата сѣрой и азотомъ, что указываетъ скорѣе на животное, чѣмъ растительное происхожденіе. Матеріалъ отлагался иломъ.

Въ Австралійскихъ битуминозныхъ сланцахъ (въ торбанитахъ Новаго Южнаго Уэльса) остатки водорослей составляютъ главную массу минерала; гуминовая основная масса, въ которую погружены сохранившіеся клѣточки водорослей, составляетъ едва 10-ю часть вѣса всей массы; на долю желатинизированныхъ водорослей приходится 90⁰/. Въ то же время Австралійскіе сланцы, отличаются чрезвычайно высокими выходами при перегонкѣ жидкихъ и легкихъ минеральныхъ маселъ и парафина. При экстрагированіи кипящимъ эфиромъ минерала торбанита, не удавалось извлечь болѣе 0,3 % минеральнаго масла, консистенціи вазелина, начинавшаго улетучиваться при 160⁰.

Въ противоположность Австралійскимъ, Шотландскіе богхеды показываютъ преобладаніе безформенной, непрозрачной, гуминовой основной массы, въ которую включены сравнительно рѣдкіе экземпляры водорослей или пылцы. Французскіе битуминозные сланцы изъ копей (Autun) Отюна и Боксіера приближаются къ типу Австралійскихъ сланцевъ, но въ общемъ значительно сильнѣе минерализованы.

Теорія и классификація богхедовъ. Вообще битуминозные сланцы могутъ быть составлены: 1) изъ растительнаго вещества, которое превращено въ безформенную массу мацерацией въ водѣ; естественные процессы разложенія довели остатки растительнаго матеріала окисленіемъ до гуминовыхъ кислотъ, которыя сдѣлались нерастворимыми и были предохранены отъ дальнѣйшаго разложенія комбинаціями съ основными окислами ила или солями, растворенными въ водѣ, окисью алюминія, известью и т. д.

2) Во время отложенія осадка этого рода продукты растительной жизни, болѣе богатые бѣлками и жирами, какъ: споры, сѣмена и т. д. могли погружаться и примѣшиваться къ основной массѣ и быть предохраняемыми отъ разложенія кислой и дезинфекцирующей средою гуминовыхъ кислотъ. 3) Чисто животные остатки, предохраненные отъ разложенія тѣми же условіями среды, могутъ составлять значительную часть битуминозныхъ сланцевъ.

Изученіе подъ микроскопомъ шлифовъ битуминозныхъ сланцевъ говоритъ за то, что матеріалъ отлагался вмѣстѣ съ иломъ и подвергался мацерации и дѣйствію микроорганизмовъ. Часть осадка разлагалась совершенно, и только то, что могло сопротивляться разложенію подъ водой, оставалось. Мы можемъ вообразить растеніе или различные органы растеній, подвергшіеся полному разложенію и оставившіе только воскъ или жиръ, который первоначально служилъ въ качествѣ ихъ предохранительной покрышки, или, быть можетъ, какія-нибудь смолистыя выдѣленія. Однако, непосредственное сохраненіе смолистыхъ или воскообразныхъ продуктовъ жизнедѣятельности растеній дало бы въ результатѣ породу, растворимую отчасти въ обычныхъ растворителяхъ жировъ и масла.

Такъ какъ на самомъ дѣлѣ эфиръ не извлекаетъ ничего изъ кукерскихъ битуминозныхъ сланцевъ и шотландскихъ или австралійскихъ богхедовъ, то необходимо допустить или существованіе химической связи между жирными углеводородами и минеральной частью породы, или полное отсутствіе въ породѣ уже образованныхъ жирныхъ маселъ.

Подобно тому, какъ торфъ даетъ парафиновые продукты при перегонкѣ, такъ и органическое вещество битуминозныхъ сланцевъ, только въ условіяхъ высокой температуры и способно дать рожденіе минеральнымъ масламъ. Характеръ минеральныхъ маселъ, добываемыхъ изъ битуминозныхъ сланцевъ, измѣняется вмѣстѣ съ условіями сухой перегонки—лишнее доказательство того факта, что здѣсь идетъ дѣло не о простомъ выпариваніи одной изъ компонентъ физической смѣси. Однако, въ общемъ всѣ масла относятся къ немногимъ типамъ органическихъ соединений и преобладающая масса ихъ составляетъ парафиновые и ненасыщенные углеводороды нециклическаго строенія; отсутствіе бензолныхъ производныхъ характерно для продуктовъ перегонки этого ископаемаго, въ тѣхъ условіяхъ, по крайней мѣрѣ, въ какихъ эта перегонка происходитъ въ промышленности. Нужно, правда, замѣтить, что температуру перегонки сланцевъ никогда нельзя сравнить съ температурой перегонки каменнаго угля въ газовомъ и даже въ коксовомъ производствѣ. Опыты перегонки каменнаго угля при низкихъ температурахъ въ нѣкоторыхъ специальныхъ производствахъ (коалитовое производство) даютъ уже смолы состава, приближающаго къ минеральнымъ масламъ, полученнымъ перегонкой горныхъ породъ. Нафталина и антрацена въ этихъ смолахъ нѣтъ, и цѣпные углеводороды преобладаютъ надъ кольчатыми въ низшихъ фракціяхъ. Шот-

ландскія минеральныя масла изъ сланцевъ изучены наиболѣе подробно, такъ какъ они служатъ основанію крупной и цвѣтущей промышленности.

Сухая перегонка. Не содержа въ готовомъ видѣ никакихъ минеральныхъ маслъ, ни воскообразныхъ или жирныхъ органическихъ соединений, горючій сланецъ можетъ давать мѣсто появленію разнообразныхъ минеральныхъ маслъ нейтральныхъ и окисленныхъ, лишь при условіи разрушенія органическаго матеріала, его составляющаго, дѣйствіемъ возвышенной температуры.

Только нагрѣваніе ведетъ къ образованію битума или смолы, такъ что наименованіе „битуминозный“, если понимать подъ этимъ словомъ жидкія смолы, имѣетъ факультативное значеніе. Уже опыты съ коксовой пробой показали, что при нагрѣваніи улетучивается болѣе $\frac{3}{4}$. Распределеніе продуктовъ распада органической массы сланца таково: сухая перегонка въ закрытомъ тиглѣ оставляетъ около 20% не летучаго обугленного вещества, въ то время какъ 80% превращаются въ газообразные и конденсируемые продукты. Въ этихъ условіяхъ около 60% приходится на долю конденсируемаго минеральнаго масла, или вѣрнѣе смолы, около 8% на долю воды и 12% газообразныхъ продуктовъ разложенія—углекислоты, метана, водорода и легко летучихъ углеводородовъ. Большой % продуктовъ перегонки, превышающій среднія величины для дистилляціи саксонскихъ лигнитовъ и шотландскихъ шиферовъ, объясняется одновременнымъ присутствіемъ въ основной органической массѣ углерода и кислорода, облегчающихъ улетучиваніе.

Высокое содержаніе кислорода отличаетъ органическую массу куккерскаго сланца среди другихъ битуминозныхъ ископаемыхъ. При одинаковомъ отношеніи углерода къ водороду, содержаніе кислорода втрое выше по сравненію съ типичными богхедами; благодаря этому понижается содержаніе располагаемаго (disponible) водорода, если предположить, что заключенный въ органическомъ матеріалѣ кислородъ окислилъ эквивалентное количество водорода. Эта характерная черта куккерскаго битума опредѣляетъ заранѣе характеръ продуктовъ сухой перегонки. Конечно, данныя анализа, какъ относящіяся къ образцамъ, близкимъ къ поверхности земли, показываютъ, вѣроятно, максимумъ кислорода; въ болѣе глубокихъ отложеніяхъ можно ожидать менѣе окисленныхъ органическихъ соединений. Но все же выходъ нейтральныхъ углеводородовъ при сухой перегонкѣ долженъ быть несравненно ниже настоящихъ богхедовъ; конденсируемые продукты дистилляціи будутъ окисленными органическими соединениями, что отзывается на пониженіи теплопроизводительной способности, если разсматривать продуктъ перегонки, какъ горючій матеріалъ.

Кислородъ въ продуктахъ перегонки распределяется между водою, съ которой уходитъ половина всего заключеннаго въ сланцѣ кислорода, постоянными газами—углекислотой и окисью углерода, каковыя удерживаютъ около $\frac{1}{4}$ и, наконецъ, съ не вполне окисленными продуктами

разложенія органической массы. Такимъ образомъ, на долю конденсируемыхъ горючихъ продуктовъ дистилляціи приходится сравнительно небольшое количество кислорода.

Выходъ изъ основной органической массы сланца 60% жидкаго битума при низкихъ температурахъ нельзя не признать выдающимся результатомъ, если принять во вниманіе выходъ смолы при перегонкахъ органическихъ матеріаловъ вообще. При этомъ несомнѣнно часть конденсируемыхъ углеводородовъ подверглась вторичному разложенію при соприкосновеніи съ накалившимися стѣнками реторты, или благодаря пропитыванію минеральной части перегоняемаго сланца. Опыты перегонки и количественныя измѣренія производились въ ретортахъ типа, принятаго союзомъ Саксонско-Тюрингенскихъ смоло-перегоночныхъ заводовъ и описанныхъ Гольде (Лунге, Tech. Analise) и Шейтхауеромъ (Mineral Öele-fabrication Braunschweig 1895). Главный продуктъ перегонки при температурѣ 400° и выше, — минеральное масло является подвижной жидкостью въ моментъ перегонки, интенсивно желтаго или краснаго цвѣта, но быстро темнѣющей при состояніи, съ темно-зеленой флюоресценціей удѣльнаго вѣса 0,920—0,945, при 15° С. Эта жидкость не застываетъ при пониженіи t° значительно ниже 0°, и потому мы не характеризуемъ ее какъ битумъ или смолу. Минеральное масло, добытое изъ сланца, отличается рѣзкимъ пригорѣлымъ запахомъ, темно-коричневымъ цвѣтомъ въ слой 2 мм., слабою прозрачностью, дихроизмомъ. Масло быстро окисляется на воздухѣ, поглощая кислородъ, возможно съ образованіемъ озона, ибо пробки бѣлѣютъ, масло не высыхаетъ. Коэффициентъ расширенія между 0°—20° С. = 0,00057, вязкость на приборѣ Энгера по отношенію къ водѣ, при температурѣ 20° С. = 7,15, при 50° С. = 2,06, при 80° С. = 1,35, и при 90° С. скорость истеченія одинакова со скоростью истеченія воды. Температура вспышки по Abel Пенскому—42°. Легко растворяется въ бензолѣ, труднѣе въ бензинѣ и органическихъ растворителяхъ; горитъ легко съ выдѣленіемъ копоти.

Элементарный анализъ минеральнаго масла, безъ включенія трудно конденсируемыхъ летучихъ углеводородовъ, далъ слѣдующія цифры.

Таблица 3-я. Минеральное масло, удѣльный вѣсъ 0,935, при 15° С.

Углерода	81,85	80,1
Водорода	10,50	10,9 — 10,4
Кислорода. . . .	7,25	8,71
Сѣры	0,40	0,29
	100,00	100,00

Теплопроизводительная способность, опредѣленная въ калориметрической бомбѣ проф. Соколова, г. С. А. Яцентховскимъ въ лабораторіи Николаевской желѣзной дороги, для образца масла удѣльнаго вѣса 0,935, оказалась равной 9.373 калорій. Для сравненія укажемъ, что для бога-

тыхъ кислородомъ нефтей, какъ Пехельбронская, теплопроизводительность составляла 9.700 калорій, а для Бакинскихъ нефтяныхъ остатковъ 10.500 калорій, т. е. теплопроизводительность мазута на 10% выше. Это опредѣляетъ сравнительно высокую цѣнность продуктовъ перегонки, какъ горючаго матеріала для моторовъ.

Замѣтимъ, что каменноугольная смола коксового или газового производства, которая находитъ теперь примѣненіе для двигателей внутреннего сгорания въ Германіи, значительно уступаетъ шиферному маслу по теплопроизводительности.

Фракціонированная перегонка обнаружила, что минеральное масло состоитъ главнымъ образомъ изъ смѣси легкихъ сравнительно нейтральныхъ углеводородовъ и тяжелыхъ не перегоняющихся безъ разложенія, окисленныхъ органическихъ продуктовъ. Большая часть перегоняется выше 300° С. и лишь 40% переходитъ отъ 70° до 300°.

Масло сырое отъ перегонки изъ куба емкостью 3 клгр. измельченныхъ сланцевъ Іеве, удѣльный вѣсъ 0,9407 при 16°; 0,924 при 50°.

Коэффициентъ расширенія 0,005

Температура вспышки 42° С.

Фракціонировка.	Въ ‰	Удѣльный вѣсъ.	Кислотность.	Удѣльный вѣсъ послѣ очистки НОН.	Ц в ѣ т ѣ.
60°—100°	3,39	0,719	—	—	безцвѣтный
100°—150°	7,6	0,768	0,2	—	
150°—200°	7,9	0,820	0,7	—	янтарный
200°—250°	11,4	0,875	20%	0,848	желтый бурѣющій
250°—300°	13,7	0,934	36%	0,898	бурый
300°—325°	—	0,978	—	—	красный
остатокъ	50	1,005	—	—	черный

Газъ. Газообразные продукты распада битума представляютъ элементъ, который не можетъ оставаться неиспользованнымъ при осуществленіи процесса перегонки; они уносятъ съ собой значительную долю тепловой энергіи основного матеріала. Анализъ средней пробы газа, выдѣляющагося изъ реторты, показалъ преобладаніе водорода; весьма высоко содержаніе углекислаго газа и на послѣднемъ мѣстѣ идутъ метанъ и пары углеводородовъ, поглощаемыхъ тяжелымъ минеральнымъ масломъ. Газъ горитъ сильно свѣтящимъ пламенемъ, но загрязненъ присутствіемъ сѣро-водорода и сѣро-углерода.

Улавливаніе газа и использованіе въ топкѣ перегонныхъ ретортъ послѣ предварительнаго промыванія, представляется настоятельно необходимымъ.

Конденсированная вода перерабатывается на амміачныя соли.

При наличности сколько-нибудь значительныхъ залежей битуминознаго ископаемаго, столь легко разлагаемаго, какъ куккерскіе горючіе сланцы, возможно ожидать появленія въ природѣ жидкихъ битумовъ при нѣкоторыхъ специальныхъ условіяхъ. Достаточно предположить хотя бы временное повышеніе температуры выше 250°C ., чтобы ожидать полного превращенія твердой горной породы въ смѣсь газообразныхъ, жидкихъ и твердыхъ продуктовъ распада. Условія залеганія горныхъ породъ на южномъ побережьи Финскаго залива таковы, что паденіе пластовъ направлено къ югу подъ умѣреннымъ градусомъ уклона. Если куккерскіе сланцы имѣютъ распространеніе на сколько-нибудь значительное протяженіе къ югу, то, уходя глубоко отъ поверхности земли, они приближаются къ условіямъ, когда метаморфозъ весьма возможенъ вслѣдствіе ли контактовъ съ изверженными горными породами, или просто подъ вліяніемъ глубинной теплоты. Поэтому возможность образованія и скопленія массъ нефтеподобныхъ жидкостей въ подобныхъ условіяхъ кажется весьма вѣроятной. Жидкая консистенція смолы Эстляндскаго битума облегчаетъ перемѣщеніе и собираніе въ нѣдрахъ земли углеводородовъ, разъ тамъ образовавшихся. Во время фильтраціи должно произойти отдѣленіе наиболѣе вязкихъ и окисленныхъ органическихъ соединений, тогда какъ имѣютъ шансы продолжать передвиженіе лишь сравнительно легкіе и нейтральные въ химическомъ отношеніи смѣси и растворы углеводородовъ.

Теорія образованія нефти, предложенная Энглеромъ, предполагаетъ скопленіе богатыхъ жирами остатковъ морской фауны, какъ основной матеріалъ для возникновенія нефтеподобныхъ скопленій горючихъ жидкостей, условія нагрѣванія выше 300° необходимы для превращенія твердыхъ остатковъ въ жидкіе продукты распада. Изслѣдованія германскаго геолога Потонье дополняютъ теорію Энглера, со стороны геологической. Потонье указываетъ на нахожденіе въ природѣ весьма богатыхъ органическими соединеніями современныхъ отложеній—гнилостныхъ илистыхъ осадковъ нѣкоторыхъ водныхъ бассейновъ,—которые при пирогенетическомъ разложеніи могутъ давать мѣсто появленію нефтеподобныхъ жидкостей. Въ куккерскихъ отложеніяхъ мы имѣемъ матеріалъ, напоминающій тотъ, съ которымъ оперировалъ Потонье при перегонкѣ, съ той только разницей, что древность Эстляндскихъ отложеній обуславливаетъ иную физическую структуру минеральной части породы и понижаетъ ея абсорбирующую способность.

Столь важный въ практическомъ отношеніи вопросъ о возможномъ существованіи нефтянаго бассейна въ Прибалтійскомъ краѣ достоинъ внимательнаго геологическаго изслѣдованія. Глубокія буренія южнѣ линіи бывшей Балтійской дороги могли бы бросить свѣтъ на распространеніе куккерскихъ битуминозныхъ сланцевъ въ глубь страны.

Хотя сухая перегонка твердой горной породы, собранной у поверхности, имѣеть шансы впослѣдствіи давать для рынка значительныя массы жидкаго горючаго, слѣдовало бы искать мѣста, гдѣ процессъ перегонки, столь обременительный для производства, воспроизведенъ уже самою природой.

Легкіе продукты перегонки. Весьма интересною по цѣнности фракціею является низко кипящіе углеводороды, составляющіе главную часть летучихъ нейтральныхъ эфировъ и автомобильнаго бензина. Въ Шотландской смолѣ легкія масла улавливаются даже путемъ промывки газовъ. Куккерское масло содержитъ высокій процентъ легко летучихъ дистиллятовъ; по ихъ удѣльному вѣсу они тяжелѣе американскаго и бакинскаго бензиновъ. Эти фракціи состоятъ, главнымъ образомъ, изъ ненасыщенныхъ углеводородовъ, ряда олефиновъ, поглощаемыхъ крѣпкой сѣрной кислотой; присутствіе бензола и его гомологовъ, которыхъ можно было ожидать по высокому удѣльному вѣсу фракцій 0,8, обнаружить однако не удалось. Въ техническомъ отношеніи олефины затрудняютъ химическую очистку бензиновъ, приготовляемыхъ изъ масла, добытаго изъ сланцевъ, но это затрудненіе одинаково испытывается всѣми индустріями при перегонкѣ ископаемыхъ и не мѣшаетъ, однако, выработкѣ въ большихъ размѣрахъ бензина, спеціального типа, Шотландскими и Саксонскими перегонными заводами.

Только 42% Шотландскаго бензина состоятъ изъ парафиновъ, 39% представляютъ олефины и 10%—нафтенны; для бензиновъ Саксонскихъ лигнитовъ на первомъ мѣстѣ стоятъ ароматическіе углеводороды—45%, олефины—на второмъ (31%); куккерское масло въ легкихъ фракціяхъ содержитъ олефины и парафины почти въ равномъ количествѣ. Фракціонированная дистилляція легкихъ маселъ изъ Іевскихъ сланцевъ дала слѣдующій результатъ.

Таблица 4-я. Легкое масло удѣльнаго вѣса 0,771 при 17,5° С. дважды перегнано и очищено ѣдкимъ натромъ.

Фракціи.	Температура кипѣнія.	Вѣсовыхъ процентовъ.	Удѣльнаго вѣса.
I. . . .	50°—75°	4,6	0,719
II. . . .	75°—100°	3,1	
III. . . .	100°—115°	7,3	
IV. . . .	115°—130°	16,2	0,761
V. . . .	130°—140°	16,9	0,770
VI. . . .	140°—150°	12,9	—
VII. . . .	150°—160°	15,0	0,792
VIII. . . .	160°—170°	10,2	0,799
IX. . . .	выше 170° и партери	13,8	0,820

Удѣльный вѣсъ опредѣлялся въ пикнометрѣ Менделѣева. Дымящаяся сѣрная кислота поглощала выше 50% легкаго масла удѣльнаго вѣса 0,771, что ставитъ куккерскій продуктъ въ близкое родство съ Шотландскимъ.

Разсматриваніе продуктовъ перегонки по удѣльному вѣсу обнаруживаетъ, прежде всего, сравнительную легкость низко кипящихъ дистиллятовъ. Ниже 100° перегоняются продукты удѣльнаго вѣса 0,76—0,78, въ то время какъ въ каменноугольной смолѣ, въ тѣхъ же предѣлахъ t° гонится бензолъ и его производныя уд. в. 0,88.

Сообразно характеру углеводородовъ, входящихъ въ составъ Шотландскихъ легкихъ маселъ, бензины удѣльнаго вѣса 0,725 употребляются, какъ растворители при фабрикаціи линолеума, гуттаперчи, смолъ и гумми, и, какъ освѣтительный матеріалъ въ широкихъ размѣрахъ для специальныхъ лампъ употребляемыхъ въ мастерскихъ и кояхъ. Впредь до приспособленія легкихъ двигателей внутреннего сгорания къ подобнымъ типамъ топлива, для нашихъ бензиновъ открывается еще поле приложенія въ двигателяхъ станціонарныхъ газолиноваго и керосинового типа. Однако при крупномъ производствѣ выдѣленія весьма летучей фракціи автомобильнаго и авіаціоннаго бензина не представляетъ не возможной задачи.

Среднія фракціи. Среднія фракціи кипящія до 225° мало пригодны, какъ освѣтительный матеріалъ въ обыкновенныхъ лампахъ; удѣльный вѣсъ этихъ фракцій, даже вполне очищенныхъ отъ окисленныхъ продуктовъ, очень высокъ. Для специальной конструціи лампъ, или керосиновыхъ двигателей, это былъ бы пригодный матеріалъ, въ особенности, если бы масло для двигателей было изъято отъ обложения, которому подлежатъ продукты нефтяного производства. Въ куккерскихъ сланцахъ эти фракціи отличаются желтой окраской отъ соломеннаго до янтарнаго оттѣнковъ, и содержатъ нѣсколько процентовъ кислотъ; ихъ запахъ пригорѣлый. Объ употребленіи въ качествѣ свѣтильнаго матеріала въ обыкновенныхъ лампахъ фитильныхъ нельзя и думать ¹⁾.

Высшія фракціи. Высшіе продукты перегонки, соответствующія дистиллятамъ смазочныхъ маселъ, будучи отдѣлены отъ окисленныхъ соединений, представляютъ тяжелыя, но вполне жидкія при низкихъ температурахъ, масла темно-краснаго цвѣта, притягивающія кислородъ воздуха съ большою легкостью и дающія снова окисленные продукты. Эти фракціи почти всецѣло поглощаются крѣпкой сѣрной кислотой и не могутъ представлять никакого интереса съ точки зрѣнія фабрикаціи смазочныхъ маселъ. Единственное употребленіе—на топливо. Остатокъ дистилляціи—мягкій блестящій пекъ—вполнѣ лишенъ свободнаго углерода, какой всегда присутствуетъ въ каменно-угольномъ пекѣ.

¹⁾ Но богатство окисленными органическими соединеніями позволяетъ надѣяться найти примѣненіе этимъ фракціямъ или для выработки дезинфицирующихъ препаратовъ, какъ для санитарныхъ цѣлей, такъ и для предохраненія дерева отъ гніенія, или для приготовленія мыла.

Пека. Опредѣленіе свободного углерода въ тяжеломъ остаткѣ выше 328° производилось по способу Кэлера, раствореніемъ въ ледяной уксусной кислотѣ, и по Кремеру, раствореніемъ въ ксилолѣ. Отсутствіе свободного углерода повышаетъ электрическое сопротивленіе сланцевого пека и дѣлаетъ его пригоднымъ для изолирующихъ составовъ въ электротехникѣ. Для приготовленія лаковъ и изолирующихъ массъ для кабелей густые пеки безъ примѣси мельчайшихъ частей углерода очень разыскиваются и, на примѣръ, въ Англіи расцѣпываются втрое дороже обыкновеннаго газового пека.

Хотя характеръ продуктовъ сухой перегонки мѣняется съ измѣненіемъ условій дистилляціи, но исходный матеріалъ во всѣхъ случаяхъ опредѣляетъ въ общихъ чертахъ свойства продукта. Произведенныя изслѣдованія дали достаточно матеріаловъ для сужденія о составѣ смолы горючихъ сланцевъ силлурійской системы, и позволяютъ намъ выяснить, въ какомъ отношеніи этотъ продуктъ отличается отъ минеральныхъ маселъ, добываемыхъ перегонкою ископаемыхъ на Западѣ. Минеральное масло куккерскихъ сланцевъ отличается подвижностью и жидкою консистенціей, зеленою флюоресценціей; оно вовсе не напоминаетъ смолы, приближаясь скорѣе по виѣшнимъ признакамъ къ нефти. Въ его составъ не входятъ въ большихъ количествахъ ни высшіе насыщенные углеводороды, затвердѣвающіе при низкихъ температурахъ и составляющіе богатство смолы шотландскихъ сланцевъ и саксонскихъ лигнитовъ—твердые парафины, ни высшіе представители ароматического ряда, входящіе въ составъ каменноугольнаго дегтя (нафталинъ, антраценъ). Жидкіе парафины составляютъ преобладающую массу низшихъ фракцій Эстляндскаго масла, но уже выше кипящіе продукты дистилляціи составлены преимущественно изъ разнообразныхъ ненасыщенныхъ углеводородовъ или окисленныхъ органическихъ соединений. Взятые отдѣльно нейтральныя составныя части изслѣдованнаго масла роднятъ его скорѣе съ жидкими нефтями, чѣмъ съ продуктами дистилляціи каменныхъ углей. Отсутствіе парафиновъ понижаетъ значительно промышленную цѣнность продукта перегонки горючаго сланца. Нужно замѣтить, что высокія температуры разложенія, благопріятствующія образованію низшихъ парафиновъ, даютъ мало надежды получить замѣтное количество твердаго парафина изъ Эстляндскаго масла, уже въ силу высокаго содержанія въ немъ кислорода. Въ этомъ отношеніи нашъ матеріалъ приближается къ Отюнскимъ битуминознымъ сланцамъ, разрабатываемымъ во Франціи, главнымъ образомъ для жидкихъ продуктовъ дистилляціи. Выходъ же парафина въ Autun—ничтожный.

Значеніе азотныхъ производныхъ. Не смотря на то, что всѣмъ промышленнымъ продуктамъ дистилляціи масла, добытаго изъ сланца, приходится конкурировать съ однородными продуктами нефти, которые прямо получаются въ видѣ жидкаго матеріала на поверхности земли, тогда какъ для полученія масла изъ сланца нужны громадныя работы и затраты

топлива по экстракціи, передвиженію, сухой перегонкѣ, конденсаціи и улавливанію, не смотря на все это Шотландская промышленность находится въ цвѣтущемъ состояніи, не будучи защищена никакими таможенными пошлинами. Причины, непонятнаго на первый взглядъ, явленія кроются не столько выработанностью отдѣльныхъ продуктовъ, примѣнительно къ мѣстнымъ условіямъ, сколько въ рекуперациі амміака изъ продуктовъ перегонки; Шотландскіе битуминозные сланцы выдаются своимъ богатымъ содержаніемъ связаннаго азота; весь прогрессъ техники процесса перегонки былъ направленъ на повышеніе степени рекуперациі амміачныхъ продуктовъ. Усилія въ этомъ направленіи увѣнчались успѣхомъ и составляютъ коммерческій базисъ всей индустріи. Куккерскій сланецъ содержитъ около полупроцента связаннаго азота; большая часть его можетъ быть выдѣлена безъ разрушенія въ видѣ амміачныхъ соединений, въ особенности при сухой перегонкѣ съ водянымъ паромъ, и только при условіи рекуперациі можно было бы ожидать успѣха промышленныхъ предпріятій для эксплуатаціи горючихъ сланцевъ. При высокой цѣнности амміачныхъ солей, улавливаніе ихъ изъ продуктовъ перегонки представитъ интересъ, большій чѣмъ промывка неконденсирующихся газовъ тяжелыми маслами, для улавливанія легко летучихъ углеводородовъ.

Очеркъ методовъ переработки битуминозныхъ ископаемыхъ на заводахъ Европы.

Шотландскіе перегоночные заводы. Обработка минеральныхъ маселъ. Первое мѣсто въ промышленности перегонки битуминозныхъ ископаемыхъ занимаетъ Шотландская группа перегоночныхъ заводовъ, работающихъ на смолистыхъ богхедахъ въ графствѣ Нижній Ловіанъ. Это наиболѣе старинное производство, основанное еще въ тѣ времена, когда нефть встрѣчалась только въ лабораторіяхъ и горныхъ музеяхъ, какъ рѣдкій примѣръ жидкаго минерала. Въ настоящее время Шотландскіе заводы перерабатываютъ ежегодно около 160 милліоновъ пудовъ смолистыхъ шиферовъ (oil shales), дающихъ въ среднемъ около 6% жидкаго сырого масла удѣльнаго вѣса около 0,9 ¹⁾ и 2% сульфата аммонія. Несмотря на ожесточенную конкуренцію американской парафиновой нефти, которая ввозится въ Соединенное королевство беспошлинно, многіе Шотландскіе заводы даютъ регулярно 50% дивиденда на основной капиталъ. При этомъ нужно замѣтить, что разработка шифера ведется въ глубокихъ подземныхъ галлереяхъ въ весьма неблагоприятныхъ условіяхъ, такъ что себѣ стоимость сланца на поверхности достигаетъ 4,7 копѣйки за пудъ; при незначительномъ выходѣ сырого масла стоимость смолистаго шифера

¹⁾ По отчетамъ главнаго инспектора химическихъ заводовъ Соединеннаго Королевства (Forty-fifth report on alkali works, p. 213). Добыто 2.675.000 тоннъ сланцевъ, изъ которыхъ получено 51.338 тоннъ сульфата аммонія.

составляетъ крупную цифру общихъ расходовъ. Даже процессъ дистилляціи и очистки всѣхъ продуктовъ перегонки составляетъ меньшую долю расходовъ сравнительно съ добычей сырого матеріала. По отчетамъ Компаній 1909 г. себѣстоимость сырого масла достигла въ Шотландіи 73 копѣекъ за пудъ. Въ то же время во Франціи масло, добытое изъ сланцевъ на заводахъ Отюна, расцѣвлялось около 60 копѣекъ за пудъ. Перегонныя устройства на Шотландскихъ заводахъ достигли высокаго совершенства и значительной сложности. Первоначальныя вертикальныя глиняныя реторты съ періодической загрузкой шифера давно замѣнены непрерывно дѣйствующими двухъэтажными ретортами системы Гендерсона или Юнга и Бейльби съ впускомъ водяного пара. Отопление вертикальныхъ ретортъ всюду генераторное, при чемъ скоксовавшіеся продукты перегонки служатъ горючимъ матеріаломъ въ топкахъ. Реторты устроены такъ, что газообразные продукты перегонки сланца утилизируются или для освѣщенія или какъ топливо, послѣ отдѣленія изъ нихъ легко кипящихъ углеводородовъ. Выходъ газа достигаетъ 14.000 куб. футъ на тонну, т. е. превышаетъ максимальный выходъ газового угля (11.000 куб. футъ). Введеніе водяного пара внутрь нижняго яруса вертикальныхъ ретортъ отозвалось весьма благоприятно на улавливаніи амміачныхъ газовъ, повышая ихъ содержаніе въ продуктахъ распада шифера.

Заводы для полученія минеральныхъ маселъ въ Австраліи и Канадѣ. Реторты Гендерсона опробованы уже многолѣтнею практикою и новѣйшіе заводы для перегонки шиферовъ принимаютъ этотъ типъ въ основу своего оборудованія. Такъ оборудованъ вновь устраиваемый въ Южномъ Уэльсѣ (Австралія) заводъ для переработки, пользующихся широкою извѣстностью, Австралійскихъ „керосиновыхъ“ сланцевъ. На недавно открытыхъ залежахъ смолистыхъ углей типа богхедовъ въ Нью-Фаундлендѣ (Канада) проектирована установка тоже вертикальныхъ ретортъ Шотландскаго типа, какъ сообщаетъ объ этомъ Baskerville Eng. & Min Jour. 1910); во время моего посѣщенія Шотландіи въ 1910 г. на перегонныхъ заводахъ общества Broxburn Oil Co испытывались партіи Канадскихъ сланцевъ въ цѣляхъ установленія подходящихъ размѣровъ перегонныхъ ретортъ.

Перегонка битуминозныхъ сланцевъ во Франціи. Во Франціи, гдѣ, по мѣстнымъ условіямъ, промышленность перегонки битуминозныхъ ископаемыхъ находится въ упадкѣ, распространены простыя вертикальныя реторты безъ доступа водяного пара. Утилизациа амміака дѣлаетъ едва первые шаги на этихъ заводахъ; впрочемъ, незначительное содержаніе азота въ породахъ копей Отюна и Буксіера весьма затрудняетъ задачу улавливанія. Французскіе заводы пользуются нѣкоторыми преимуществами вслѣдствіе дешевизны сырого матеріала для перегонки; сланцы, дающіе 12% сырого масла, обходятся всего 2,5 коп. за пудъ на поверхности. Таможенная и фискальная политика страны складывается весьма благоприятно для перегоночной промышленности во Франціи; послѣднія десяти-

лѣтія заводы пользуются даже прямыми фиксированными на много лѣтъ впередъ субсидіями.

Перегонка бурыхъ углей въ Германіи. Перегоночная промышленность (добыча минеральныхъ маслъ) въ Германіи работаетъ на основномъ матеріалѣ совершенно отличнаго типа; вмѣсто битуминозныхъ твердыхъ сланцевъ Саксоніи и Тюрингіи разрабатываются мягкіе гигроскопическіе бурые угли съ высокимъ содержаніемъ водорода. Эти бурые угли не-удовлетворительны для непосредственнаго употребленія въ топкахъ, но послѣ коксованія представляютъ уже матеріалъ годный для печей. Во время перегонки бурыхъ углей собирается богатый парафиномъ вязкій буро-угольный деготь, затвердѣвающий при охлажденіи въ твердую массу. Фракціонированная разгонка буро-угольнаго дегтя позволяетъ выдѣлить серію легкихъ нефтеподобныхъ дистиллатовъ и мягкаго парафина. Германскіе перегоночные заводы пользуются спеціального типа глиняными ретортами, которыя допускаютъ прогреваніе матеріаловъ въ тонкихъ слояхъ (кольцевой типъ ретортъ). Реторты для бураго угля соединены въ группы по четыре штуки и обогрѣваются одной топкой. Стоимость сырого масла достигаетъ въ Германіи самой низкой величины, какъ потому, что выходъ жидкаго дегтя выше, чѣмъ изъ сланцевъ, такъ и вслѣдствіе дешевизны топлива. Однако и здѣсь себѣстоимость сырого дегтя не опускается ниже 40 коп. за пудъ. Содержа высокій процентъ весьма цѣннаго парафина, буро-угольный деготь является весьма интереснымъ для переработки сырымъ матеріаломъ.

Въ 1909 году на 30 перегоночныхъ заводахъ Германіи по статистикѣ Graefe было перегнано 16.121.315 hl. бураго угля на 1.173 печахъ. Получено смолы 59.173.921 kg., которая разгонялась на 12 фабрикахъ. На перегонку употреблено до 28.000.000 пудовъ угля и на дистилляцію и обработку смолы 18.000.000 пудовъ, т. е. всего около 50 % отъ вѣса обработаннаго бураго угля.

Минеральное масло, собранное въ холодильникахъ перегонныхъ ретортъ, подвергается ряду раздѣлительныхъ дистилляцій по той же схемѣ, какъ сырая нефть или каменно-угольный деготь. Легкія фракціи послѣ химической очистки продаются, какъ бензины; среднія, какъ освѣтительныя масла; тяжелыя фракціи находятъ себѣ примѣненіе въ Англіи для корбурированія водяного газа, а въ Германіи для изготавленія маслянаго газа. Наконецъ, твердый остатокъ—парафинъ, представляетъ наиболѣе цѣнный продуктъ производства.

Французское сланцевое масло бѣдно парафиномъ и даетъ въ остаткѣ дешевый пекъ подобный газовому.

Газообразные продукты перегонки битуминозныхъ сланцевъ заслуживаютъ не меньшаго вниманія, чѣмъ жидкіе. Въ частности для Шотландскихъ богхедовъ выгодный балансъ производства установился лишь съ

тѣхъ поръ, какъ промывка тяжелыми минеральными маслами позволила фиксировать легко-летучіе углеводороды, а обработка кислотами дала возможность улавливать изъ тѣхъ же частей азотныя соединенія. Очищенный газъ начинаютъ примѣнять для двигателей внутреннего сгорания, получая такимъ образомъ даровую силу для всѣхъ механизмовъ завода.

Твердый остатокъ перегонки представляетъ цѣнность на саксонскихъ буроугольныхъ заводахъ, гдѣ находятъ возможнымъ продавать этотъ коксъ для домашняго отопленія. При богатыхъ золою битуминозныхъ сланцахъ Шотландіи и Франціи представляется весьма заманчивымъ простое использованіе кокса въ горячемъ состояніи на рѣшеткахъ топокъ перегонныхъ ретортъ; громадныя массы золы, выгребаемой при этомъ изъ подъ колосниковъ, затрудняютъ обращеніе съ печами.

Принципы организаціи перегонныхъ заводовъ для Эстляндскихъ сланцевъ. Возвращаясь къ битуминознымъ горнымъ породамъ южнаго побережья Финскаго залива, можемъ установить близость экономическихъ условій для переработки нашихъ сланцевъ съ условіями, въ которыхъ находится французская промышленность въ Autun'ѣ. Судя по тѣмъ образцамъ, которые были собраны вблизи поверхности въ районѣ Везенберга и Лева, наши горючіе сланцы могутъ дать высокій выходъ тяжелаго сырого масла. Это масло богато бензинами, но вовсе не содержитъ твердыхъ парафиновъ. Обиліе окисленныхъ тяжелыхъ углеводородовъ въ Эстляндскомъ минеральномъ маслѣ, быть можетъ, позволить въ будущемъ употреблять высшія фракціи, какъ дезинфекціонное или антисептическое средство. Извѣстно, что Европа экспортируетъ въ Соединенные Штаты, для пропитки дерева большія массы богатыхъ фенолами фракцій каменноугольнаго дегтя.

Судя по опытамъ примѣненія каменноугольной смолы для двигателей внутреннего сгорания въ Германіи болѣе жидкое сланцевое масло должно имѣть шансы найти обезпеченную область примѣненія въ тяжелыхъ двигателяхъ, даже послѣ отгона легкихъ фракцій, соответствующихъ бензину или лигроину нашихъ нефтей. При техническомъ осуществленіи перегонки въ вертикальныхъ трубчатыхъ ретортахъ, выходъ минеральнаго масла будетъ пониженъ сравнительно съ лабораторными опытами, но вмѣстѣ съ тѣмъ понизится и удѣльный вѣсъ. Оставшихся въ золѣ органическихъ частей вмѣстѣ съ газами должно быть достаточно для процесса перегонки. Мои наблюденія надъ перегонкою каменнаго угля въ вертикальныхъ трубчатыхъ ретортахъ типа Паркера, при температурѣ не выше 500° С., въ условіяхъ промышленнаго производства (въ Плимутѣ), позволяютъ принять 15 %, какъ максимальную цифру затраты топлива на перегонку сланца. При 50%—содержанія битума въ сланцѣ, какъ разъ около 15% органическаго вещества остается послѣ нагрѣванія до 400° С. и отгонки летучихъ продуктовъ распада. Такимъ образомъ, можно думать, что не требуется возвращать въ топку газообразные продукты распада. Пропусканіе

въ реторты водяного пара должно способствовать улавливанію связаннаго азота въ видѣ амміака.

Производство одинаково подходит какъ для кустарныхъ заводовъ, такъ и для крупныхъ предпріятій. Рафинировка сырого масла требуетъ однако крупныхъ и дорогихъ устройствъ и можетъ происходить лишь на центральныхъ заводахъ. Сырое масло могло бы явиться превосходнымъ топливомъ для портландъ-цементныхъ заводовъ, работающих нынѣ на угольной пыли: высокая температура сгорания и отсутствіе золы, измѣняющей составъ обжигаемаго матеріала, составляютъ цѣнные преимущества жидкаго топлива.