*Записки Ленинградского горного института, т. X, вып. 3, 1937*
*Annales de l'Institut des Mines à Léningrad, vol. X, livr. 3, 1937*

# Продукты окисления сапропелей и их флотационные свойства

Проф. *Д. А. Шведов*, инж. *С. А. Кузин* и инж. *А. И. Андреева*

# Oxydationsprodukte der Sapropele und ihre Flotationseigenschaften

Prof. *D. A. Schwedow*, Ing. *S. A. Kusin*, Ing. *A. I. Andrejewa*

Первые ориентировочные опыты по получению из балхашита и барзасских сапромикситов, путем окисления, карбоновых кислот и их производных для применения их в качестве флотационных реагентов были проведены в 1932 г.[1]

Эти опыты, естественно, привели к мысли применить реакции окисления для получения указанных продуктов к сапропелевому материалу, который не является образованием sui generis подобно балхашиту, а встречается повсеместно, и притом во многих районах СССР, в виде мощных залежей.

Не считая себя компетентными в выборе надлежащего материала, мы обратились за содействием к Сапропелевому институту Академии наук, который предоставил в наше распоряжение образцы средних проб ряда сапропелевых месторождений, краткая характеристика которых приведена в таблице 1

Таблица 1

| № по пор. | Месторождения сапропеля | Запасы в млн. $м^3$ | Зольность % | Влажность воздушно-сухого сапропеля % | Состав минералогических частей в % | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $SiO_2$ | $Al_2O_3+Fe_2O_3$ | $CaO+MgO$ |
| 1 | Болото Святое, БССР | 15,0 | 10,57 | 9,03 | | | |
| 2 | Оз. Половчиновское, Ивановской обл. | 6, | 29,30 | 17,70 | 75,37 | 10,32 | 9,66 |
| 3 | Оз. Рыболовское, Ивановской обл. . | 0,7 | 10,49 | 14,00 | 70,00 | 9,26 | 8,80 |
| 4 | Оз. Чухломское, Ивановской обл. | 208,0 | | | | | |
| 5 | Оз. Балхаш (балхашит. озерный) | — | 5,00 | | — | | |
| 6 | Оз. Балхаш (балхашский сапропель) — | — | 65,80 | 4,70 | | | |

[1] Д. А. Шведов и А. И. Андреева, „Горно-обогатительное дело", 1932, № 10.

Ряд этих образцов был подвергнут исследованию на получение из них продуктов окисления.

Определенное количество воздушносухого сапропеля, размельченного до минус 60 меш, обрабатывалось для окисления в фарфоровой чашке, разбавленной азотной кислотой (37%). [1]

По окончании бурного периода реакции, сопровождающегося саморазогреванием смеси и обильным выделением окислов азота, реагирующая смесь нагревалась на водяной бане до полного высушивания окисленного материала сапропеля. При таком методе работы улетучивается незначительное количество продуктов окисления, с характерным запахом жидких жирных кислот, что было установлено отдельными опытами с улавниванием летучих продуктов окисления.

Выпаривание и высушивание вызывались тем, что выплавить продукты окисления водой из окисленной массы пока не удавалось в достаточной мере, как это было при окислении балхашита.

Высушенный материал измельчался и последовательно экстрагировался в аппарате Сокслета следующими растворителями:

1) петролейным эфиром (фракция петролейного эфира);
2) серным эфиром (фракция серного эфира);
3) смесью (1 : 1) спиртобензола (фракция спиртобензола).

Для лучшего экстрагирования содержимое гильзы переслаивалось стеклянной ватой.

По окочании экстрагирования растворитель отгонялся, а экстракт высушивался в вакуум-эксикаторе до постоянного веса.

Результаты экстрагирования сапропелей указанными растворителями, без окисления и после окисления, дают следующее (таблица 2):

Таблица 2

| № п/п | Название окисляемого сапропеля | Зольность сапропеля | Применяемый окислитель | Выход продуктов в % по отношению к весу воздушносухого сапропеля при экстрагировании в аппарате Сокслета | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Петролейный эфир | Серный эфир | Смесь спиртобензол (1 1) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Балхашит | 5,0 | Без окисления | 3,0 | 2,3 | 1,3 |
| 2 | „ . . . . | 5,0 | $HNO_3$ | 4,0 | 83,6 | нет |
| 3 | Белорусский (болото Святое) . . . . | 10,5 | Без окисления | 2,7 | 0,3 | 0,3 |
| 4 | Белорусский (болото Святое) . | 10,5 | $HNO_3$ | 6,0 | 33,0 | 17,1 |
| 5 | Половчиновский | 30,0 | Без окисления | 1,0 | 0,3 | 1,9 |
| 6 | „ | 30,0 | $HNO_3$ | 5,0 | 20,8 | 13,5 |
| 7 | Чухломский | — | $HNO_3$ | 4,2 | 25,0 | не экстрагиров. |
| 8 | Рыболовский . | 10,5 | $HNO_3$ | 5,0 | 14,7 | 41,0 |
| 9 | Балхашский | 65,8 | Без окисления | 1,0 | 1,0 | 0,9 |
| 10 | | 65,8 | $HNO_3$ | 1,4 | — | 3,9 |

Как видно из этой таблицы, после окисления выход органических соединений, экстрагируемых растворителями, резко повышается. Исследова-

[1] Окисление идет и при более низких концентрациях азотной кислоты.

ние полученных продуктов показало, что при этом получаются вещества, нацело омыляемые, содержащие только следы азота. Сера отсутствует.

Комбинированным действием растворителей акад. Зелинскому [1] удалось извлечь из балхашита 42% органических веществ, проф. Стадникову [2]—23,5%, нам, без действия окислителей,—еще меньше (6,6%).

Расхождение приведенных цифр видимо объясняется различной степенью полимеризации и минерализованности образцов, с которыми имели дело исследователи.

Несмотря на то, что в нашем распоряжении имелся образец балхашита наименьшим содержанием экстрагируемых, тем не менее после окисления удалось получить выход веществ, растворимых в серном эфире, полностью омыляемых до 87%.

Для сапропелей имеем выход экстрагируемых веществ после окисления от 30 до 60%, по отношению к весу воздушносухого вещества, что является исключительным для такого материала.

Балхашские озерные сапропели дали выход экстрагируемых веществ — 5,3%. [3]

Приводим описание внешнего вида и свойств полученных продуктов окисления сапропелей:

1. Продукты, растворимые (извлекаемые) петролейным эфиром, представляют собой твердые вещества, слабожелтого цвета, с характерным запахом жирных кислот, уд. веса, большего единицы. В воде нерастворимы, растворяются в петролейном эфире, серном эфире, этиловом спирте и некоторых других органических растворителях. Они хорошо растворяются в щелочах, образуя сильно пенящиеся растворы, высаливаемые поваренной солью; высоленные продукты обладают всеми свойствами мыла; сплавляются при нагревании на водяной бане; при действии неорганических кислот разлагаются, выделяя хлопьевидный осадок первоначально взятых кислот, легко сплавляющихся.

2. Продукты, растворимые (извлекаемые) в серном эфире, представляют собой прозрачные (в тонком слое) вещества темнокрасного цвета, уд. веса, большего единицы, вязкой консистенции, с приятным запахом, легко растворимые в спирте и частично в воде (из 20 *г* в 1 *л* горячей воды в среднем растворяется около 8 *г*). Водные растворы темнобурого цвета, сильно пенятся. Часть, нерастворимая в воде, полностью омыляется водной и спиртовой щелочью, образуя красноватого цвета мыльные растворы, с сильно пенящей способностью.

3. Продукты, извлеченные спиртобензолом,—вещества вязкой консистенции, темнобурого цвета, хорошо растворимые в спирте, частично в воде, уд. веса, меньшего единицы. Продукты полностью омыляются едкими щелочами, давая при этом сильно пенящиеся, окрашенные, растворы темнобурого цвета; обладают запахом карамелеобразных веществ.

Все указанные продукты дают характерные для органических кислот осадки с солями тяжелых металлов (соли Pb, Ag, Ba, Zn, Ca).

Результаты физико-химического исследования указанных продуктов сведены в таблицу 3.

Как видно из таблицы 3, продукты окисления исследованных сопропелей представляют собой смеси кислот и их омыляемых производных предельного характера (ничтожное иодное число), с низким содержанием водорода, с большими числами омыления, при высоком молекулярном весе их.

---

[1] Н. Д. Зелинский, Brennstoffchemie, 1925, 6, 365.

[2] Стадников, Химия угля, 1932. стр. 147.

[3] Сапропелевый институт мог предоставить для дальнейшей работы ограниченное количество белорусских сапропелей и значительно большее количество половчиновских; по необходимости пришлось всю работу проводить только на этих образцах.

Таблица 3

| № п/п | Физико-химические константы | Продукт окисления балхашита | Белорусский сапропель (болото Святое) | | Половчиновский сапропель | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Фракция петролейного эфира | Фракция серного эфира | Фракция петролейного эфира | Фракция серного эфира | Фракция спирто-бензол |
| 1 | Температура плавления | 60—70° | 59—62° | 46—48° [1] | 68—69° | 47—49° [1] | 38—40° [1] |
| 2 | Кислотное число | 192,0 | 176,8 | 421,0 | 202,6 | 203,0 | 215.7 |
| 3 | Омыления число | 258,9 | 225,4 | 593,0 | 272,8 | 400,1 | 440,4 |
| 4 | Ацетильное число | 213,9 | 4,3 | 98,0 | — | 35,6 | — |
| 5 | Иодное число | 2,6 | 4,5 | 10,6 | 5,4 | 3,9 | — |
| 6 | Молекулярный вес по Расту | 350 | 330 | 342 | 250 | 342 | — |
| 7 | Элементарный анализ С | 65,66% | 72,94% | — | 70,70% | 53,74% | — |
| 8 | Элементарный анализ Н | 9,29% | 6,76% | | 7,81% | 3,29% | |
| 9 | Элементарный анализ О | 25,05% | 20,30% | | 21,49% | 42,97% | — |

Эти данные заставляют предположить, что главная масса продуктов окисления состоит из полимеризованных кислот и их производных.

Весьма вероятно, что в смесях, особенно с низким содержанием водорода, находятся также кислоты и их производные с оксидными или перекисными группами в радикале.

Фракция петролейного эфира, видимо, содержит и одноосновные предельные кислоты ввиду сравнительно небольшого расхождения величин вычисленного молекулярного веса и найденного экспериментальным путем. Омыляемые производные кислоты этой фракции, предположительно, являются ангидридами их; об отсутствии лактонов говорит их трудная растворимость в петролейном эфире; наличие сколько-нибудь значительных количеств кислотных эфиров мало вероятно, если принять во внимание условия реакции окисления.

Фракции серного эфира отличаются от предыдущих наличием оксикислот, большими числами омыления, более высокими молекулярными весами и низкой температурой плавления. Содержание водорода (половчиновский сапропель) очень небольшое. Снижение водорода в этих фракциях отчасти объясняется присутствием в них оксикислот и их производных, а возможно, зависит от содержания в них некоторого количества низкомолекулярных двухосновных кислот. Этим отчасти можно объяснить и слишком большие числа омыления. При хранении на воздухе, в течение месяцев, эти вещества не изменяли своей консистенции, в смысле дальнейшего загустевания или отвердения. Значительная часть этой фракции, как указывалось выше, растворима в воде.

При выпаривании водного раствора веществ, растворимых в воде, они нацело выпадают в осадок первоначального цвета и консистенции этой фракции. При окислении выпавшего осадка слабой азотной кислотой он превращался в кристаллическую массу, состоящую из разнородных по форме кристаллов, вероятно двухосновных кислот.

Тут напрашивается предположение, не образовалась ли растворимая в воде часть этой фракции сапропелей за счет окисления углеводов их. Соответственная фракция балхашита, который по своей химической природе, согласно исследованиям проф. Стадникова, представляет смесь жирных кислот, их ангидридов и продуктов полимеризации непредельных жирных кислот, растворимой части не содержит.

[1] По методу каплеобразования.

Характерным свойством веществ фракции серного эфира, а также спиртобензола, исследованных сапропелей и балхашита является легкая их окисляемость. При окислении слабой азотной кислотой происходит бурная реакция, с образованием твердых продуктов желтоватого цвета, полностью растворимых в ограничеких растворителях и в щелочах.

По внешнему виду вещества, выделенные растворителями из продуктов вторичного окисления, очень похожи на соответственные фракции первичного окисления.

Выход продуктов (в процентах) вторичного окисления и физико-химические свойства фракций петролейного эфира их сведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4

| № п/п | Месторождение сапропеля | Фракция серного эфира | | | Фракция спиртобензола | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Выход продуктов вторичного окисления | Растворимость в петролейном эфире | Растворимость в серном эфире | Выход продуктов вторичного окисления | Растворимость в петролейном эфире | Растворимость в серном эфире | Растворимость в смеси спиртобензола |
| 1 | Половчиновский | 25,9 | 6,4 | 19,0 | 36,1 | 7,3 | 10,7 | 18,0 |
| 2 | Белорусский (болото Святое) | 35,0 | 9,3 | 26,3 | 20,0 | 8,4 | 4,6 | 7,0 |

Таблица 5

| № п/п | Физико-химические константы продуктов вторичного окисления | Половчиновский сапропель | | Белорусский сапропель (болото Святое) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Из фракции серного эфира | Из фракции спиртобензола | Из фракции серного эфира | Из фракции спиртобензола |
| 1 | Температура плавления | 63—66° | 65—67° | 68—70° | 68—70° |
| 2 | Кислотное число | 150,7 | 88,7 | 148,0 | 65,7 |
| 3 | Число омыления | 290,1 | 223,7 | — | 182,0 |
| 4 | Иодное число . | 4,1 | 2,9 | — | 3,8 |
| 5 | Элементарный анализ { C | 83,09% | 63,73% | 70,43% | — |
| | { H | 5,77% | 6,50% | 6,99% | |
| | { O | 11,14% | 29,77% | 22,58% | — |
| 6 | Молекулярный вес по Расту . | 366 | 364 | 452,0 | 327 |

Как видно из таблицы 5, эти вещества, по сравнению с исходными фракциями, отличаются значительно более низкими числами омыления и резким снижением содержания кислорода (половчиновский сапропель), приближаясь по элементарному составу к веществам фракции петролейного эфира первичного окисления сапропелей (болото Святое).

Маточный раствор (темнокрасного цвета) от вторичного окисления при выпаривании выделил значительное количество бесцветных кристаллов различной формы.

Фракции серного эфира и спиртобензола, таким образом, являются промежуточными продуктами окисления, давая при вторичном окислении вещества, растворимые в петролейном эфире. Увеличить выход этих веществ, как наиболее ценных при первичном окислении, несмотря на проведенные реакции в различных условиях (изменение концентраций кислоты, ее коли-

чества, многократное окислении), не удавалось, и только после выделения из общей массы, при вторичном окислении, вновь происходило образование их.

Таким образом при окислении азотной кислотой сапропелей можно получить ряд продуктов, начиная с высокомолекулярных и кончая низкомолекулярными (двуосновные кислоты). Регулируя процесс изменением условий и применяя для легко окисляемых фракций более слабые окислители (хотя бы воздух в определенных условиях), видимо, можно стадиально расщеплять вещества сапропелей, с образованием самых разнообразных продуктов (возможно технически ценных), изучение которых доставит много интересных данных для познания природы и процесса образования сапропелей и сапропелитов, а может быть и нефти. [1]

Ввиду того, что работа по детальному изучению продуктов окисления сапропелей только что начата, трудно определенно высказаться относительно характера реакций, протекающих при окислении их. При окислении балхашита, который является определенным полимеризатом, несомненно, происходит деполимеризация вещества его при одновременном окислении продуктов распада, за что говорит резкое увеличение количества экстрагируемых веществ органическими растворителями после окисления их.

Такие же процессы, видимо, происходят и при окислении сапропелей. При этом, предположительно, образуются вещества с нестойкими кислородными группировками в радикалах молекул (как промежуточный продукт реакции), весьма чувствительными к окислительным воздействиям. Благодаря этому при вторичном окислении, вероятно, происходит разрушение их с выделением свободного кислорода и, за счет освободившихся единиц сродства, внутренняя или внешняя спайка углеродов молекул кислот с образованием четырехчленных колец.

Этим можно отчасти объяснить резкое снижение кислорода в продуктах вторичного окисления, что обусловливает изменение их цвета и растворимость в петролейном эфире. Интенсивность окраски полученных продуктов и степень растворимости их в применяемых органических растворителях, видимо, стоит в непосредственной связи с содержанием в них кислорода. Снижение чисел омыления в указанных продуктах, предположительно, происходит путем частичного декарбоксилирования первоначальных веществ.

Решение вопроса о том, какие биологические компоненты сапропелей участвуют в реакциях окисления, и какие продукты из каждого из них получаются, конечно, возможно при проведении реакции окисления на каждом из них в отдельности. Во всяком случае, необходимо отметить, что продукты окисления сапропелей различных месторождений, в том числе и балхашит, имеют одну характерную черту: соответственные фракции их совершенно неотличимы друг от друга по внешнему виду и обнаруживают большое сходство физических свойств, проявляя аналогию и в химическом отношении (низкие водородные числа, высокия числа омыления при больших молекулярных весах, легкая окисляемость их отдельных фракций),—все это заставляет предполагать, что какое-то вещество в сапропелевых образованиях является основным, общим для них, несмотря на различные условия образования (сапропели, балхашит).

Недостаточность освещения химической природы полученных продуктов объясняется тем, что главное внимание при проведении работы было обращено на выработку методики окисления сапропелей другими, более дешевыми окислителями в различных условиях. К сожалению, последнее направление работы пока дало малоудовлетворительные результаты.

Для суждения о рентабельности применения азотной кислоты в качестве окислителя приводим следующие данные: расход азотной кислоты (уд. вес 1,4)

---

[1] В ближайшем будущем предполагается произвести исследование окисляемости сапропелитов различного возраста и различных условий образования.

на 1 *т* воздушносухого сапропеля 400—500 *кг* (установлено нами экспериментально в лабораторных условиях на образце белорусских сапропелей при выходе продуктов окисления до 55%).

Азот кислоты при реакции окисления выделяется в виде окислов азота, которые могут быть регенерированы обратно в кислоту на 80—85%,[1] т. е. при условии регенерирования азотной кислоты расход ее будет в среднем 100 *кг/т*. Исходя из этих соображений, азотная кислота или ее окислы должны быть наиболее дешевыми окислителями.

Флотационные свойства всех полученных продуктов окисления сапропелей были исследованы на следующих сульфидных и окисленных минералах: свинцовый блеск, цинковая обманка, пирит, малахит, апатит, церуссит, смитсонит, кальцит и кварц.

Назначением флотационных опытов было принципиальное установление возможности применения полученных веществ в качестве флотационных реагентов для рудных минералов различного флотационного поведения. Этим объясняется, что флотационными, в стандартных условиях, опытами было охвачено большое количество минералов различных флотационных свойств, без детальной проработки оптимальных условий их применения.

Образцы минералов, взятых для флотационных опытов, имели следующую краткую характеристику:

1. Свинцовый блеск — минерал высокой степени чистоты, был прислан с Туркестанского рудника Ачи-сай-Турланского месторождения, в крупных хорошо образованных кристаллах; минерал содержал в своем составе 99,8% PbS.

2. Цинковая обманка Садонского месторождения с содержанием 80,7% ZnS, 0,1% Cu и заметных включений кварца. При дроблении включения кварца тщательно удалялись ручной рудоразборкой.

3. Пирит Калатинского месторождения содержал 46,75% Fe и 1,1% Cu.

4. Апатит Слюдянского месторождения, в крупных хорошо образованных кристаллах, без посторонних примесей.

5. Церуссит Турланского месторождения содержал примеси $Fe_2O_3$ и кварца. Содержание $PbCO_3$—72,8%.

6. Смитсонит Турланского месторождения, крупно-кристаллического строения, содержал 44,37% Zn и включения окиси железа и кварца.

7. Кварц был доставлен с фарфорового завода им. Ломоносова. Перед флотацией он обрабатывался царской водкой и тщательно промывался водой.

8. Малахит получен из Бюро обмена минералами Академии наук, содержал 55,63% Cu.

Минералы перед флотацией дробились вручную в фарфоровой ступке и просеивались через сито—100+240 меш.

Флотационные опыты производились в лабораторном флотационном аппарате типа M.S., емкость 200 *см*$^3$, с загрузкой минерала 50 *г*. Отношение Т : Ж = 1 : 4. Исследуемые флотационные реагенты добавлялись в пульпу в спиртовом растворе, а также в виде воднощелочных растворов их, с добавлением эквимолекулярного количества NaOH (расчет по числам омыления).

В качестве пенообразователя при воднощелочных растворах применялся терпинеол в количестве 20 *г* на тонну.

Добавление терпинеола вызывалось недостаточной пенообразующей способностью воднощелочных растворов исследуемых флотореагентов при малых загрузках.

Продолжительность агитации 10 минут. Время флотации—в зависимости от быстроты истощения груженой пены. Результаты флотационных испытаний (половчиновский сапропель) представлены диаграммами (рис. 1—8).

---

[1] Проф. С. Н. Ушаков и инж. Л. М. Песин, „Камфора" 1931 г. стр. 148.

Как видно из этих диаграмм, из полученнных продуктов наиболее активной во флотационном отношении является фракция петролейного эфира; из них фракция вторичного окисления превосходит таковую первоначального окисления сапропелей (рис. 3 и 1).

Флотационные свойства фракции серного эфира ниже, что, видимо, объясняется присутствием в них оксипроизводных кислот и большими числами омыления по сравнению с первыми.

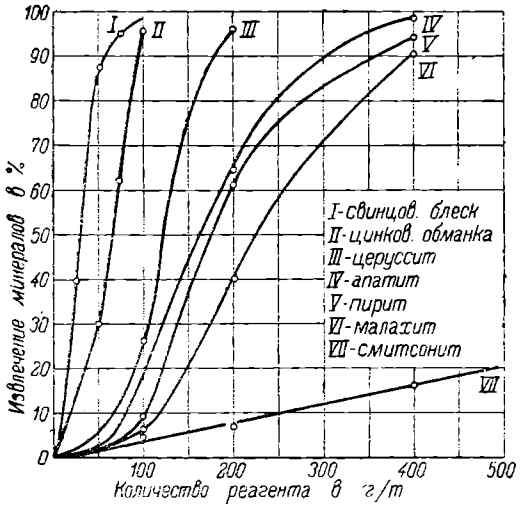



Рис. 1. Флотационные свойства фракции петролейного эфира первичного окисления.

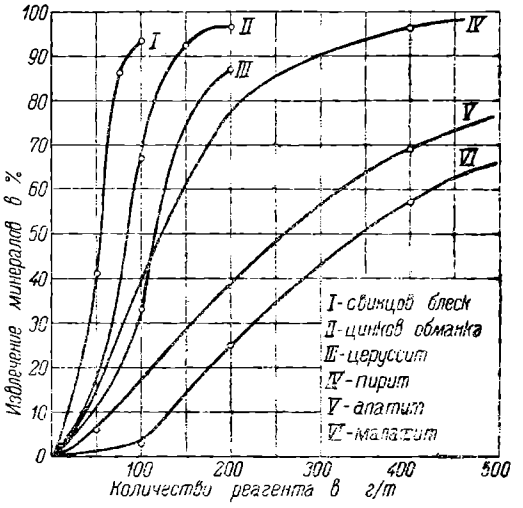



Рис 2. Флотационные свойства фракции серного эфира.

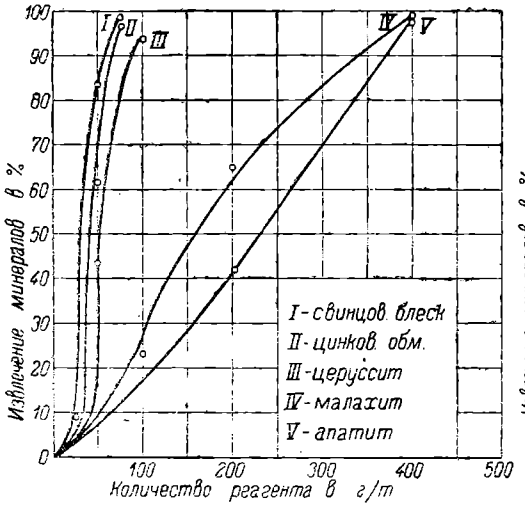



Рис. 3. Флотационные свойства фракции петролейного эфира, полученной при окислении продукта, растворимого в серном эфире.

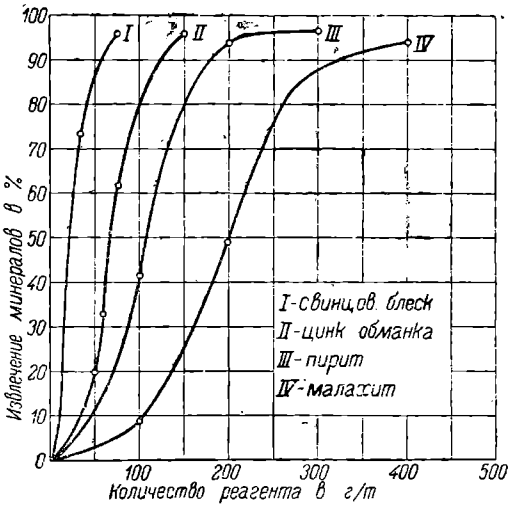



Рис. 4. Флотационные свойства фракции петролейного эфира, полученного при окислении продукта, растворимого в смеси спиртобензол.

При окислении их, как видно из предыдущего, происходит резкое снижение содержания кислорода, исчезновение оксикислот и уменьшение чисел омыления, отчего повышается флотационная активность продуктов вторичного окисления.

Сравнение диаграмм 1—4 и 5—8 показывает, что при введении этих веществ в спиртовом растворе флотационные результаты лучше, чем при применении их натровых солей. Это, видимо, объясняется образованием устойчивых эмульсий, чего при уточненных условиях работы, вероятно, удастся избежать. Опытами установлена полная флотационная инертность кварца по отношению ко всем продуктам окисления сапропелей.

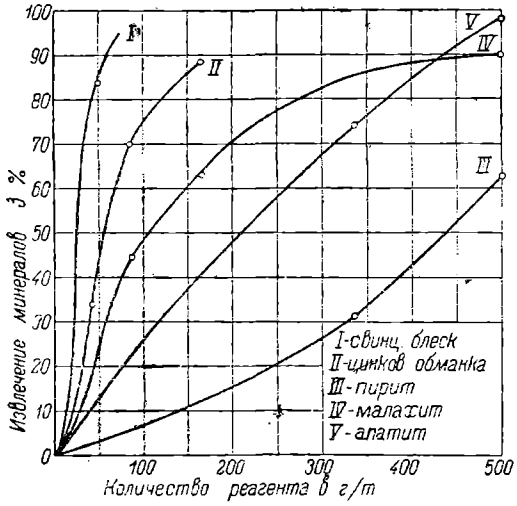



Рис. 5. Флотационные свойства воднощелочного раствора фракции петролейного эфира первичного окисления сапропеля.

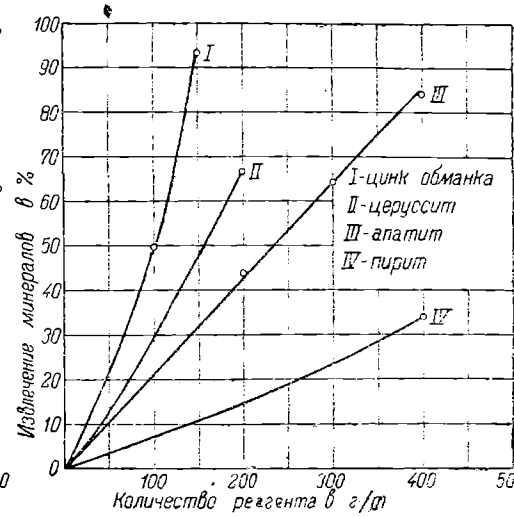



Рис. 6. Флотационные свойства водощелочного раствора фракции серного эфира.

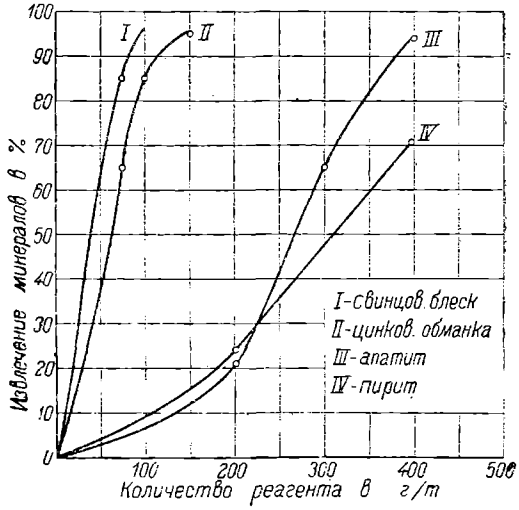



Рис. 7. Флотационные свойства воднощелочного раствора фракции петролейного эфира, полученной при окислении продукта, растворимого в серном эфире.

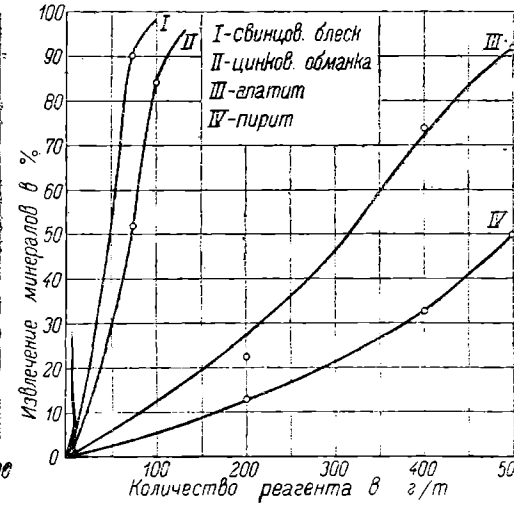



Рис. 8. Флотационные свойства воднощелочного раствора фракции петролейного эфира, полученной при окислении продукта, растворимого в смеси спиртобензол.

Испытания на тех же минералах с пальмитиновой кислотой [1] (в спиртовых растворах и в виде натровых солей) показали, что она во много раз

[1] Пальмитиновая кислота взята для сравнения, так как она по своим химическим (предельность ее характера, число омыления) и физическим свойствам (температура плавления и молекулярный вес) больше подходит к исследуемым кислотам.

менее флотационноактивна, чем кислоты из сапропелей. Так, для малахита—при расходе пальмитиновой кислоты 400 *г/т*—выход концентрата 17,4% (при применении исследуемых кислот при том же расходе 91—99), для апатита—при расходе пальмитиновой кислоты 1000 *г/т*—выход концентрата 5,2%, при расходе кислот из сапропеля—400 *г т*—выход 98—99%).

О флотационных свойствах фракции спиртобензола будет сообщено дополнительно.

Установленная экспериментальным путем возможность облагораживания менее флотационноактивных продуктов окисления сапропелей дает основания предполагать (при уточнении условий проведения реакции окисления для повышения выхода фракции петролейного эфира) о возможности применения этих веществ в флотационной практике, тем более, что другие продукты окисления, которые являются по своей природе высокомолекулярными карбоновыми кислотами и их легко омыляемыми, могут быть использованы и в других отраслях промышленности.

Повсеместность распространения сапропелей, их мощные залежи во многих районах СССР, легкая окисляемость их с большими выходами карбоновых кислот — дают основания предполагать, что сапропелевый материал, до сего времени считавшийся безнадежным в смысле применения его в промышленности, сможет быть использован для получения активных флотореагентов для обогатительной промышленности, а возможно и для других технических целей.

Результаты работы: 1. Установлена легкая окисляемость сапропелевого материала, с большим выходом (от 30 до 60%) продуктов окисления, извлекаемых органическими растворителями и щелочами. 2. Продукты окисления сапропелевого материала (смесь карбоновых кислот и их омыляемых производных) характеризуются высокими молекулярными весами и числами омыления их, низким содержанием водорода и незначительными иодными числами. 3. Установлено образование кислот, растворимых в петролейном эфире, при вторичном окислении соединений, растворимых в серном эфире и смеси спиртобензола, которые по своим химическим свойствам приближаются к кислотам петролейной фракции первичного окисления. 4. Наиболее эффектным окислителем на данной стадии работы является азотная кислота. 5. Установлено, что продукты окисления сапропелей являются флотационно-активными, в особенности вещества первичного и вторичного окисления, растворимые в петролейном эфире.

## Zusammenfassung

Die vorligende Arbeit hatte zum Zweck, die Oxydierbarkeit der Seesapropele durch verschiedene Oxydationsagenten im Zusammenhang mit der sehr leichten Oxydierbarkeit des Balkhaschits durch Salpatersäure, wie es in unseren früheren Arbeiten gezeigt wurde festzustellen:

Die von uns durchgeführte Untersuchung zeigte das analogische Verhalten des erwähnten Sapropelmaterial gegen diese Oxydationsagenten wie in betreff der Quantität der Oxydationsprodukte, so auch in betreff ihrer Qualität. In beiden Fällan die erhaltenen Stoffe sind Mischungen ven höheren Carbonsäuren und ihren leicht zuverseifenden Derivaten.

Die angewandte Bedeutung dieser Arbeit ist die Anwendung der erhaltenen Oxydationsprodukte als Flotationsreagenten.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigten ihre hohe Flotationskraft gegen Sulfid—sowie Oxyd-Erzmineralien.

Die neuentdeckten Eigenschaften des sapropeligen Material—seine leichte Oxydierbarkeit unter gewissen Bedingungen mit Bildung von technisch wertvollen Produkten in grosser Menge eröffnet neue Möglichkeiten für die Anwendung dieser interessanten Verbindugen zum Nutzen der Industrie, da sie überall verbreitet sind und in vielen Orten der Sowjetunion als mächtige Lager von neuen und alten geologischen Formationen vorkommen.