

УДК 544.72

АДСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА НЕРАФИНИРОВАННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНОЙ ЗЫРЯНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

© Л.В. Мосталыгина^{*1}, С.Н. Елизарова¹, А.В. Костин¹, И.А. Богдановская²

¹ Курганский государственный университет, ул. Советская, 63/4, Курган, 640020 (Россия), e-mail: analyt@kgsu.ru

² ООО «Зауральские напитки», ул. М. Горького, 3, Курган, 640020 (Россия)

В обменном комплексе бентонитовой глины Зырянского месторождения преобладают ионы магния. Сумма обменных катионов изменяется в пределах 76–95 ммоль эквивалентов. Основной породообразующий минерал Зырянского бентонита – монтмориллонит. Изотерма адсорбции и десорбции азота бентонитовой глиной Зырянского месторождения имеет вид петли гистерезиса, что характерно для бентонитовых глин других месторождений и соответствует адсорбции в мезопористых твердых телах.

Изучена динамика содержания свободных жирных кислот ((СЖК (кислотное число (КЧ)) и перекисных соединений ((ПС (перекисное число (ПЧ)) в пробах растительных нерафинированных масел: подсолнечное масло «Слобода» и льняное масло «Елея». КЧ и ПЧ спустя 6 месяцев в нерафинированном льняном масле и КЧ в нерафинированном подсолнечном – увеличились, но не превысили предельно допустимых значений. ПЧ в нерафинированном подсолнечном масле увеличилось в 6,4 раза и превысило предельно допустимое значение.

Получены изотермы сорбции СЖК и ПС нативной бентонитовой глиной (НГ) Зырянского месторождения. Изучена кинетика сорбции СЖК и ПС из растительного и льняного масла. Время установления равновесия – 90–120 мин. Определен оптимальный режим сорбции СЖК и ПС (статический режим с перемешиванием в течение 2 ч при соотношении $m(\text{глина}) : V(\text{масло}) = 1 \text{ г} : 40 \text{ мл}$).

Максимальная степень извлечения СЖК из подсолнечного масла бентонитовой глиной составила 31%; из льняного – 9%. Степень извлечения ПС из подсолнечного масла бентонитовой глиной – 48%, из льняного – 33%.

Ключевые слова: нерафинированные растительные масла, кислотное число, перекисное число, сорбция, степень извлечения, бентонитовая глина.

Введение

При длительном хранении масла в нем происходят процессы окислительной и микробиологической порчи: увеличивается кислотное (КЧ), перекисное число (ПЧ), снижается число омыления и йодное число, уменьшается количество витамина Е [1].

Из-за наличия примесей и сопутствующих веществ – красящих, воскообразных, перекисных соединений – масла часто не отвечают требованиям, предъявляемым к пищевым продуктам [2].

Повышение качества растительных масел остается одной из важных задач масложировой промышленности, поэтому разработка эффективных способов очистки актуальна. Сорбенты для масложировой промышленности должны иметь развитую поверхность, высокую адсорбционную емкость и активность [3, 4].

Для очистки масел используют алюмосиликаты, цеолиты, глинистые материалы. Действие алюмосиликатных материалов позволяет снизить содержание продуктов окисления, восков и других примесных ингредиентов [5–9].

Эффективными сорбентами для очистки масел могут служить бентонитовые глины, основным породообразующим минералом которых является

Мосталыгина Лидия Витальевна – кандидат химических наук, доцент, заведующая кафедрой физической и прикладной химии, e-mail: analyt@kgsu.ru; mlida59@rambler.ru

Елизарова Светлана Николаевна – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры физической и прикладной химии, e-mail: elizsveta@yandex.ru

Костин Александр Вадимович – старший преподаватель кафедры физической и прикладной химии, e-mail: analyt@kgsu.ru

Богдановская Инна Александровна – инженер-химик, e-mail: bogdanovskyainna@gmail.com

* Автор, с которым следует вести переписку.

монтмориллонит. Особенности структуры монтмориллонита определяют его высокие сорбционные свойства. Направления применения бентонита: захоронение радиоактивных отходов, металлургия, бурение, литейное производство, строительство. Перспективы его применения расширяются. Ориентировочные запасы бентонитовой глины в России составляют 189 млн т [10].

Зырянское месторождение – крупнейшее в России, содержит 13.8% запасов бентонитовых глин России. Ежегодно добыча бентонитовых глин растет, что снижает их стоимость. Безопасность природного материала, высокая сорбционная активность, возможность модифицирования глины открывают новые направления их использования. Бентонитовые глины являются эффективными сорбентами ионов тяжелых металлов [11–14].

Цель данной работы – разработка способа очистки нерафинированных растительных масел (подсолнечного и льняного) от свободных жирных кислот и перекисных соединений бентонитовой глиной Зырянского месторождения.

Экспериментальная часть

В качестве сорбента использовали порошок нативной бентонитовой глины (НГ) месторождения глинистого сырья Зырянское, пос. Зырянка, Юргамышский район, Курганская область (изготовитель ООО «Бентонит Кургана»).

Измерение удельной поверхности и пористости нативной глины Зырянского месторождения проводили методом низкотемпературной адсорбции инертных газов с использованием прибора Sorbi®-MS. Измерения проводились полностью в автоматическом режиме.

Изучались образцы растительных масел: нерафинированное подсолнечное масло (ПМ) «Слобода», выработано в соответствии с ГОСТ 1129-2013 (первый сорт); нерафинированное льняное масло (ЛМ) «Елея» (высший сорт) ТР ТС 024/2011.

Кислотное число определяли титрованием свободных жирных кислот растительного масла (объем пробы масла – 10 мл) в эфирно-спиртовом растворе (смесь диэтилового эфира и этилового спирта (1 : 1)) спиртовым раствором щелочи (0.1М раствор КОН) (индикатор – фенолфталеин) [15].

КЧ (мг КОН/ г масла) рассчитывали по уравнению

$$KЧ = \frac{56.1 \cdot V \cdot C}{m}, \quad (1)$$

где V – объем стандартного раствора гидроксида калия, мл; C – молярная концентрация стандартного раствора гидроксида калия, моль/л; 56.1 – масса гидроокиси калия, соответствующая 1 мл 1 моль/л раствора гидроксида калия; m – масса навески, г.

За окончательный результат принято среднее арифметическое трех повторных измерений.

Для определения перекисного числа брали пробу масла с йодистым калием в растворе уксусной кислоты и хлороформа и количественно определяли выделившийся йод раствором тиосульфата натрия титриметрическим методом [16].

ПЧ (мкмоль активного кислорода/кг масла) в процентах йода определялось по формуле

$$ПЧ = \frac{(V_1 - V_0) \cdot C \cdot 1000}{m}, \quad (2)$$

где V₁, V₀ – объемы раствора тиосульфата натрия, израсходованные на титрование свободного йода в опыте с навеской сорбента и в холостом опыте без навески сорбента соответственно, мл; C – концентрация раствора тиосульфата натрия, вычисленная с учетом поправки к номинальной концентрации, моль/л; 1000 – коэффициент, учитывающий перерасчет результата измерения в ммоль/кг.

За окончательный результат принято среднее арифметическое трех повторных измерений.

Степень извлечения примесных ингредиентов из растительных масел (СИ, %) рассчитывалась по формулам

$$СИ = \frac{(КЧ_1 - КЧ_2)}{КЧ_1} \cdot 100 \quad (3)$$

$$СИ = \frac{(ПЧ_1 - ПЧ_2)}{ПЧ_1} \cdot 100 \quad (4)$$

где $КЧ_1$, $КЧ_2$ – значения кислотных чисел, полученных по результатам титрования масла до его обработки сорбентом и после контакта с сорбентом соответственно, мг КОН/г масла; $ПЧ_1$, $ПЧ_2$ – значения перекисных чисел, полученных по результатам титрования масла до его обработки сорбентом и после контакта с сорбентом соответственно, ммоль активного кислорода/кг масла.

Сорбцию СЖК и ПС из растительных масел НГ проводили при постоянной температуре (298 К) из постоянного объема раствора масла ($V=40$ мл) и при массе сорбента 0.4 г и 1 г в статическом режиме без перемешивания и с перемешиванием; время контакта масла и сорбента составляло 3 ч. После сорбции масло фильтровали и пробы раствора ($V=10$ мл) титровали растворами гидроксида калия (0.1 М) и тиосульфата натрия (0.01 М) для определения содержания СЖК и ПС.

Обсуждение результатов

Содержание диоктаэдрического монтмориллонита в Зырянском бентоните меняется в пределах от 65 до 87%, а в его обменном комплексе преобладают катионы кальция и магния (щелочноземельный бентонит), а не натрия [17].

Сумма обменных катионов в бентонитовой глине Зырянского месторождения изменяется в пределах 76–95 ммоль эквивалентов (с преобладанием ионов магния). Основной порообразующий минерал Зырянского бентонита – монтмориллонит [12].

Полученная изотерма адсорбции и десорбции азота бентонитовой глиной Зырянского месторождения имеет вид петли гистерезиса, что характерно для бентонитовых глин других месторождений и соответствует адсорбции в мезопористых твердых телах [18].

Распределение пор по форме и размерам неравномерное, преобладают мезопоры (рис. 1).

Определено содержание СЖК и ПС в растительных нерафинированных маслах: подсолнечное масло «Слобода» ГОСТ 1129-2013 льняное масло «Елея» ТР ТС 024/2011. Установлено, что масла являются качественными и соответствуют установленным нормам по органолептическим и физико-химическим показателям, а также не являются просроченными (табл. 1).

Исследуемые растительные масла хранились в течение 6 месяцев в плотно закрытых непрозрачных пищевых упаковках при комнатной температуре (20 ± 5) °С на свету. Дважды, через каждые три месяца, в пробах масла определяли количество СЖК ($КЧ$) и ПС ($ПЧ$) (табл. 2).

$КЧ$ спустя 6 месяцев в нерафинированном подсолнечном масле увеличилось в 2.2 раза, в нерафинированном льняном масле – в 1.8 раза, но не превысило предельно допустимого значения.

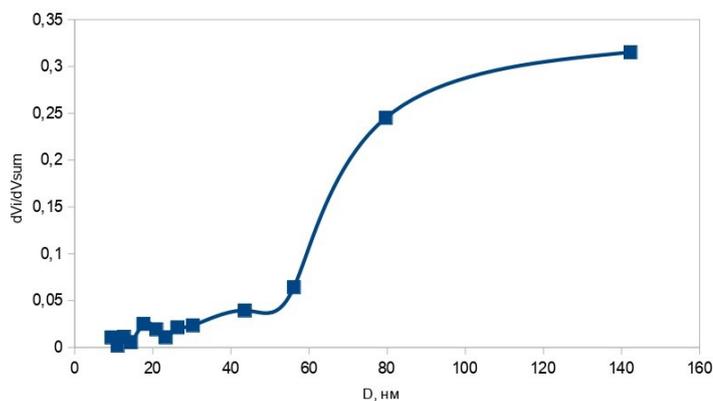


Рис. 1. Диаграмма распределения пор по размерам для нативной бентонитовой глины Зырянского месторождения

Таблица 1. Основные физико-химические показатели растительных нерафинированных масел (n=3; P=0.95, t=4.302)

| Показатель | ПМ «Слобода» | ЛМ «Елея» | Предельно допустимое значение КЧ и ПЧ для ПМ | Предельно допустимое значение КЧ и ПЧ для ЛМ |
|------------------------------|--------------|-------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| КЧ $x \pm \delta$, мг КОН/г | 0.690±0.001 | 1.38±0.08 | 3 | 2.5 |
| Sr | 0.001 | 0.02 | – | – |
| ПЧ $x \pm \delta$, мэкв/кг | 3.81±0.01 | 1.920±0.002 | 10 | 10 |
| Sr | 0.001 | 0.004 | – | – |

Таблица 2. Основные физико-химические показатели растительных нерафинированных масел через 3 и 6 месяцев хранения

| Показатель | ПМ «Слобода» | ЛМ «Елея» | ПМ «Слобода» | ЛМ «Елея» | Предельно допустимое значение КЧ и ПЧ для ПМ | Предельно допустимое значение КЧ и ПЧ для ЛМ |
|-------------------------------|--------------|------------|--------------|-----------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| | 3 месяца | | 6 месяцев | | | |
| КЧ, $x \pm \delta$, мг КОН/г | 0.99±0.001 | 1.74±0.03 | 1.62±0.03 | 2.36±0.02 | 3 | 2.5 |
| Sr | 0.002 | 0.005 | 0.005 | 0.003 | – | – |
| ПЧ, $x \pm \delta$, мэкв/кг | 16.30±0.01 | 4.62±0.002 | 24.25±0.26 | 9.39±0.06 | 10 | 10 |
| Sr | 0.0002 | 0.0001 | 0.004 | 0.002 | – | – |

ПЧ спустя 6 месяцев в нерафинированном подсолнечном масле увеличилось в 6.4 раза и превысило предельно допустимое значение, а в нерафинированном льняном масле – в 4.9 раза, но не превысило предельно допустимого значения.

Несоблюдение условий хранения привело к усилению окислительных процессов в маслах, что согласуется с литературными данными [19].

Изучено влияние массы нативной глины и режима сорбции на степень извлечения СЖК и ПС. На рисунках 2–3 представлены зависимости степени извлечения СЖК и ПС нерафинированного ПМ «Слобода» и ЛМ «Елея» от массы сорбента и режима сорбции.

При контакте ПМ «Слобода» с 0.4 г бентонитовой глины в статическом режиме без перемешивания в течение 3 ч КЧ снизилось на 5%; при использовании статического режима с перемешиванием КЧ понизилось на 10%. Введение сорбента в количестве 1 г на 40 мл масла снизило данный показатель на 20% (статический режим без перемешивания в течение 3 ч) и на 31% при сорбции в режиме встряхивания. Система приходит в равновесие спустя 90–120 мин (рис. 2а).

При трехчасовом контакте ПМ «Слобода» с нативной глиной массой 0.4 г в статическом режиме без перемешивания ПЧ снизилось на 15%, при сорбции в статическом режиме с перемешиванием ПЧ понизилось на 21%. Увеличение массы навески глины до 1 г при сорбции (время сорбции – 3 ч) в статическом режиме без перемешивания и с перемешиванием снизило значение ПЧ растительного масла на 34% и на 48% соответственно. Равновесие устанавливалось через 90–120 мин (рис. 2б).

Увеличение массы навески сорбента до 1.5 г не влияло на степень извлечения исследуемых компонентов, как из подсолнечного масла, так и из льняного.

Комплекс исследований показал, что для максимально эффективной очистки нерафинированного ПМ «Слобода» от СЖК и ПС оптимален статический режим с перемешиванием в течение 2 ч ($m(\text{глина})=1$ г).

При трехчасовом контакте ЛМ «Елея» с нативной глиной ($m=0.4$ г) в статическом режиме без перемешивания и с перемешиванием КЧ снизилось на 1 и 2% соответственно (рис. 3а). Увеличение массы навески до 1 г привело к снижению КЧ на 6 и 9% при использовании статического режима без перемешивания и с перемешиванием соответственно. Время установления сорбционного равновесия – 90–120 мин (рис. 3б).

ПЧ понизилось на 10 и 19% при контакте льняного масла с 0.4 г в статическом режиме без перемешивания и с перемешиванием в течение 3 ч. Увеличение массы навески до 1.0 г снизило ПЧ на 28 и 33% соответственно, при сохранении остальных условий сорбции. Время установления равновесия оставалось таким же, как в предыдущих опытах.

Увеличение массы навески сорбента до 1.5 г не влияло на степень извлечения СЖК и ПС из льняного масла. Для наиболее эффективной очистки нерафинированного ЛМ «Елея» от СЖК и ПС предпочтителен статический режим с перемешиванием в течение 2 ч ($m(\text{глина})=1.0$ г).

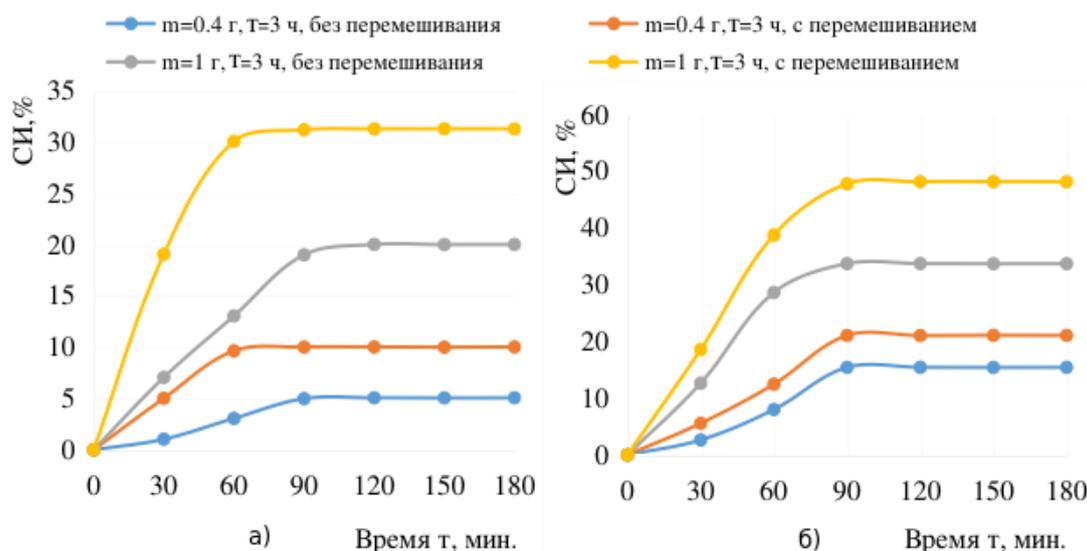


Рис. 2. а) Влияние массы сорбента ($m(\text{НГ})=0.4$ г и $m(\text{НГ})=1$ г) и режима сорбции (статический с перемешиванием и без перемешивания) на СИ СЖК нерафинированного ПМ «Слобода»; б) Влияние массы сорбента ($m(\text{НГ})=0.4$ г и $m(\text{НГ})=1$ г) и режима сорбции (статический с перемешиванием и без перемешивания) на СИ ПС нерафинированного ПМ «Слобода»

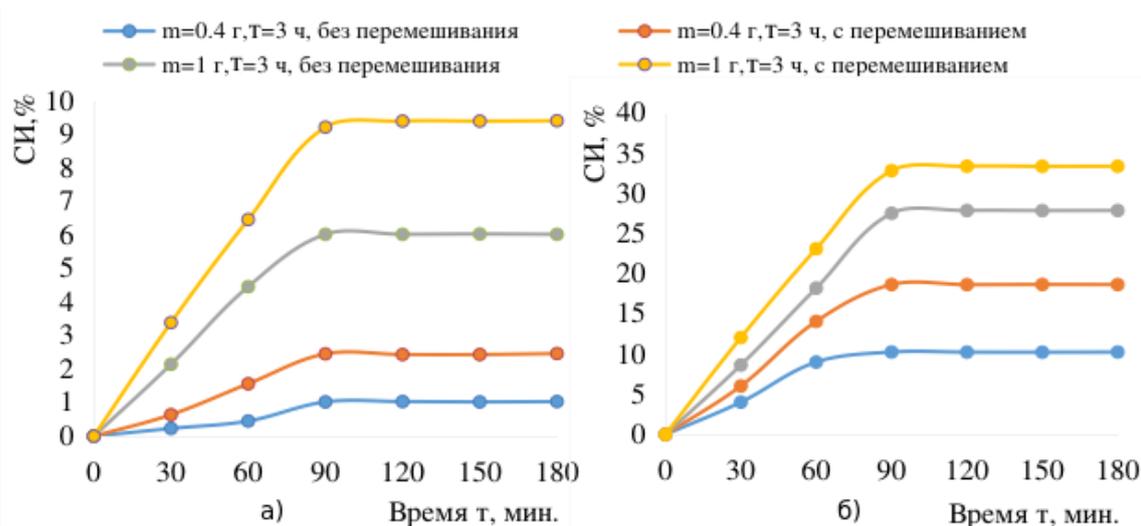


Рис. 3. а) Влияние массы сорбента ($m(\text{НГ})=0.4$ г и $m(\text{НГ})=1$ г) и режима сорбции (статический с перемешиванием и без перемешивания) на СИ СЖК нерафинированного ЛМ «Еля»; б) Влияние массы сорбента ($m(\text{НГ})=0.4$ г и $m(\text{НГ})=1$ г) и режима сорбции (статический с перемешиванием и без перемешивания) на СИ ПС нерафинированного ЛМ «Еля»

Рядом авторов представлены данные по извлечению СЖК, ПС и компонентов пигментного комплекса льняного масла голубой (нативной и обработанной растворами щавелевой и янтарной кислот), розовой (нативной и активированной), зеленой и черной глинами: сорбция наблюдалась в течение 1–3 ч, оптимальный расход природного материала – 1 мас.% с очисткой масла до высшего сорта [20, 21].

Активация розовой глины привела к усилению на 15% сорбционных свойств в отношении примесных СЖК в нерафинированном горчичном масле, применение соды повышает степень очистки от СЖК на 20% [21].

Р.С. Нагорновым с соавторами [21] показано, что введение в льняное масло голубой глины, обработанной растворами щавелевой и янтарной кислот, способствует повышению степени очистки от жирных кислот до 40%, от перекисных соединений – до 46%, кислотно-щелочная активация сорбента обеспечивает получение маслосодержащего продукта с еще более низкой (на 5%) концентрацией жирных кислот [21].

При изучении сорбционной активности белой, зеленой и желтой глин в отношении красящих веществ из рапсового масла было установлено, что степень извлечения каротиноидов и хлорофиллов, входящих в состав данного растительного масла, составляет в среднем 53 и 79% соответственно [22].

Данных исследований в отношении нативной и активированной бентонитовой глины Зырянского месторождения не проводилось.

В настоящее время масложировая промышленность России использует бентонитовые глины, основными производителями которых является Китай, Малайзия и другие зарубежные страны (45% мировых запасов бентонитовых глин находятся в Китае). Это обуславливает высокую стоимость такого сорбента и призывает к поиску и использованию отечественных ресурсов [4].

Бентонитовая глина Зырянского месторождения может стать конкурентоспособным сорбентом, способным заменить зарубежные аналоги.

Регенерацию глины проводили прокаливанием при температуре до 500 °С. Согласно проведенному ранее термогравиметрическому анализу, было установлено, что при температуре 910 °С происходит разрушение минерала [12].

Высокую возможность регенерации глинистых материалов отмечает Е.А. Власова с соавторами и рекомендует осуществлять ее путем прокаливании при температуре 550–600 °С в течение 2–3 ч [22].

Отработанную бентонитовую глину можно использовать в качестве кормовых добавок в животноводстве, компонентов закладочных смесей и дорожных битумов, в производстве кирпича, цемента и мыльных паст, для утепления парников в зимний период [23–25].

Выводы

Длительное хранение растительных масел (до 6 месяцев) привело к увеличению содержания свободных жирных кислот и перекисных соединений. Для подсолнечного масла «Слобода» КЧ увеличилось в 2.2 раза, для льняного масла «Елея» – в 1.8, что не превысило предельно допустимых значений.

ПЧ в нерафинированном подсолнечном масле увеличилось в 6.4 раза и превысило предельно допустимое значение, в отличие от льняного, в котором оно возросло в 4.9 раза.

При обработке нерафинированных растительных масел «Слобода» и «Елея» Са-Мг-монтмориллонит-содержащими бентонитовыми глинами Зырянского месторождения был определен оптимальный режим сорбции СЖК и ПС – это статический режим с перемешиванием в течение 2 ч при соотношении $m(\text{глина}) : V(\text{масло}) = 1 \text{ г} : 40 \text{ мл}$.

Максимальная степень извлечения СЖК из подсолнечного масла бентонитовой глиной составила 31%; ПС – 48%.

Степень извлечения СЖК из льняного масла бентонитовой глиной оказалась равной 9%, ПС – 33%.

Бентонитовая глина Зырянского месторождения является смешаннопористым сорбентом, в котором преобладают мезопоры, но имеются и макропоры.

Применение отечественных недефицитных природных сорбентов будет оказывать влияние как на степень хранения обработанных масложировых продуктов, так и на их биологическую их активность, а отработанные глины найдут применение в животноводстве, строительстве, водоочистке других отраслях.

Список литературы

1. Наумова Н.Л., Лукин А.А. Сравнительная оценка качества нерафинированного подсолнечного масла // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2013. Т. 7. №3. С. 148–152.
2. Gunstone F.D. Production and trade of vegetable oils // Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses. London, 2011. Pp. 1–17.
3. Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров / под ред. А.Г. Сергеева. Л., 1973. Т. 2. 350 с.
4. Шарафиев Д.Р., Хацринов А.И., Усманов Н.В. и др. Модифицированные природные адсорбенты для рафинации растительных масел // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. №18. С. 88–92.
5. Bulut E., Yilmaz E. Comparison of the frying stability of sunflower and refined olive pomace oils with/without adsorbent treatment // J. Am. Oil Chem. Soc. 2010. Vol. 87. N10. Pp. 1145–115.
6. Прокофьев В.Ю., Разговоров П.Б. Физико-химические процессы, протекающие при введении каолиновых глин в растительные масла // Химия растительного сырья. 2010. №2. С. 159–164.

7. Нагорнов Р.С., Разговоров П.Б., Смирнова Е.А., Разговорова М.П. Сравнительный анализ действия природных алюмосиликатов в отношении сопутствующих ингредиентов льняного масла // Химия и химическая технология. 2015. Т. 58. №8. С. 63–66.
8. Рудик Ф.Я., Моргунова Н.Л., Тулиева М.С. Факторы, обуславливающие процесс порчи масла при хранении // Аграрный научный журнал. 2015. №4. С. 66–69.
9. Разговоров П.Б., Прокофьев В.Ю., Разговорова М.П. Изучение процесса кристаллообразования восков в растительных маслах при введении затравочных минеральных добавок // Химия растительного сырья. 2013. №2. С. 207–212. DOI: 10.14258/jcrpm.1302207.
10. Белоусов П.Е., Крупская В.В. Бентонитовые глины России и стран ближнего зарубежья // Георесурсы. 2019. Т. 21. №3. С. 79–90. DOI: 10.18599/grs.2019.3.79-90.
11. Мостальгина Л.В., Костин А.В., Елизарова С.Н. Изучение сорбции ионов меди на пищевом волокне, выделенном из масличных культур Зауралья и бентонитовой глине // Химия растительного сырья. 2015. №1. С. 167–173. DOI: 10.14258/jcrpm.201501354.
12. Мостальгина Л.В., Елизарова С.Н., Костин А.В. Бентонитовые глины Зауралья: экология и здоровье человека: монография. Курган, 2010. 148 с.
13. Мостальгина Л.В., Елизарова С.Н., Мостальгин А.Г. Реагентный и сорбционный метод с применением бентонитовой глины для очистки сточных вод от ионов хрома // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №6. С. 172.
14. Везенцев А.И., Перистая Л.Ф., Нгуен Фук Као и др. Исследование сорбционных свойств природных монтмориллонитовых глин разных месторождений для очистки воды от ионов свинца (II) // Сорбционные и хроматографические процессы. 2018. Т. 18. №1. С. 43–51.
15. ГОСТ Р 50457-92. Жиры и масла животные и растительные. Определение кислотного числа и кислотности. М., 1994. 8 с.
16. ГОСТ 26593-85. Масла растительные. Метод измерения перекисного числа. М., 1986. 5 с.
17. Михашенко Ю.А. Бентонитовые глины // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2003. №4. С. 47–52.
18. Везенцев А.И., Покровский М.В., Шапошников А.А. и др. Обогащенные монтмориллонит содержащие глины как перспективное сорбционно активное средство при лечении гнойных и воспалительных ран // Сорбционные и хроматографические процессы. 2015. Т. 15, вып. 4. С. 541–548.
19. Петрова С.Н., Маланина О.О. Влияние условий хранения на качественные показатели подсолнечного и льняного масла // Масложировая промышленность. 2012. №1. С. 16–19.
20. Разговоров П.Б., Нагорнов Р.С., Гришина Ю.Н., Силантьева А.Д. Изучение процесса очистки растительного масла с применением розовой глины // Изв. ВУЗов. Химия и хим. технология. 2016. Т. 59, вып. 5. С. 59–64.
21. Нагорнов Р.С., Разговоров П.Б., Лепилова А.М., Строганова Ю.И., Смирнов П.Р., Кочетков С.П. Щадящая активация полиминерального сорбента и ее влияние на процесс очистки маслосодержащих сред от примесных ингредиентов // Изв. ВУЗов. Химия и хим. технология. 2017. Т. 60, вып. 8. С. 53–59. DOI: 10.6060/tcct.2017608.5618.
22. Власова Е.А., Валуева К.А., Соломкина Ю.С., Разговоров П.Б. Применение природных глин для очистки рапсового масла от красящих веществ // Журнал прикладной химии. 2020. Т. 93, вып. 11. С. 1613–1617. DOI: 10.31857/S0044461820110122.
23. Бахтияров С.Б. Обогащение корма с применением жирной отбеленной глины использованной при адсорбционной очистке триацилглицеридов // Universum: Химия и биология: электронный научный журнал. 2020. №4(70). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/9196>.
24. Смычагин Е.О., Мустафаев С.К. Новый способ утилизации отработанных отбеленных глин на масложировых предприятиях // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2019. №5-6. С. 74–78. DOI: 10.26297/0579-3009.2019.5-6.19.
25. Полетаева М.А., Сусоева Н.М. Утилизация отбеленной глины при производстве растительных масел // Ползуновский вестник. 2014. №3. С. 249–250.

Поступила в редакцию 7 марта 2022 г.

После переработки 18 мая 2022 г.

Принята к публикации 1 ноября 2022 г.

Для цитирования: Мостальгина Л.В., Елизарова С.Н., Костин А.В., Богдановская И.А. Адсорбционная очистка нерафинированных растительных масел бентонитовой глиной Зырянского месторождения // Химия растительного сырья. 2023. №1. С. 343–350. DOI: 10.14258/jcrpm.20230111062.

Mostalygina L.V.^{1}, Elizarova S.N.¹, Kostin A.V.¹, Bogdanovskaya I.A.²* ADSORPTION PURIFICATION OF UNREFINED VEGETABLE OILS WITH BENTONITE CLAY OF ZYRYANSK DEPOSIT

¹ Kurgan State University, ul. Sovetskaya, 63/4, Kurgan, 640020 (Russia), e-mail: analyt@kgsu.ru

² LLC "Transural drinks", ul. M. Gor'kogo, 3, Kurgan, 640020 (Russia)

Magnesium ions predominate in the exchange complex of bentonite clay from the Zyryanskoye deposit. The amount of exchange cations varies within 76–95 mmol equivalents. The main rock-forming mineral of Zyryansk bentonite is montmorillonite. The adsorption and desorption isotherm of nitrogen by bentonite clay from the Zyryanskoye deposit has the form of a hysteresis loop, which is typical for bentonite clays from other deposits and corresponds to adsorption in mesoporous solids.

The dynamics of the content of free fatty acids (FFA (acid number (AN)) and peroxide compounds (PC (peroxide number (PN))) in samples of unrefined vegetable oils: sunflower oil "Sloboda" and linseed oil "Yeleya" was studied. Six months later the AN and the PN in unrefined linseed oil, and the AN in unrefined sunflower oil increased, but the numbers did not exceed the maximum permissible values. The PN in unrefined sunflower oil increased by 6.4 times and exceeded the maximum permissible values.

Isotherms of sorption of FFA and PC by native bentonite clay (NG) of the Zyryansk deposit have been obtained. The kinetics of sorption of FFA and PC of sunflower and linseed oil has been studied. The equilibration time is 90–120 min. The optimum operation of sorption of FFA and PC has been determined (static operation with stirring for 2 h at a ratio of m(clay) : V(oil)=1 g : 40 ml.

The maximum degree of extraction of FFA from sunflower oil by bentonite clay was 31%; from linseed – 9%. The degree of extraction of PC from sunflower oil by bentonite clay was 48%, from linseed oil – 33%.

Keywords: unrefined vegetable oils, acid number, peroxide number, sorption, degree of extraction, bentonite clay.

References

1. Naumova N.L., Lukin A.A. *Vestnik YuUrGU. Seriya «Ekonomika i menedzhment»*, 2013, vol. 7, no. 3, pp. 148–152. (in Russ.).
2. Gunstone F.D. *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*. London, 2011, pp. 1–17.
3. *Rukovodstvo po tekhnologii polucheniya i pererabotki rastitel'nykh masel i zhиров*. [Guidelines for the technology of obtaining and processing vegetable oils and fats], ed. A.G. Sergeev. Leningrad, 1973, vol. 2, 350 p. (in Russ.).
4. Sharafiyev D.R., Khatsrinov A.I., Usmanov N.V. et al. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 2017, vol. 20, no. 18, pp. 88–92. (in Russ.).
5. Bulut E., Yilmaz E. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2010, vol. 87, no. 10, pp. 1145–115.
6. Prokof'yev V.Yu., Razgovorov P.B. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2010, no. 2, pp. 159–164. (in Russ.).
7. Nagornov R.S., Razgovorov P.B., Smirnova Ye.A., Razgovorova M.P. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*, 2015, vol. 58, no. 8, pp. 63–66. (in Russ.).
8. Rudik F.Ya., Morgunova N.L., Tuliyeva M.S. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*, 2015, no. 4, pp. 66–69. (in Russ.).
9. Razgovorov P.B., Prokof'yev V.Yu., Razgovorova M.P. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2013, no. 2, pp. 207–212. DOI: 10.14258/jcprm.1302207. (in Russ.).
10. Belousov P.Ye., Krupskaya V.V. *Georesursy*, 2019, vol. 21, no. 3, pp. 79–90. DOI: 10.18599/grs.2019.3.79-90. (in Russ.).
11. Mostalygina L.V., Kostin A.V., Elizarova S.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2015, no. 1, pp. 167–173. DOI: 10.14258/jcprm.201501354. (in Russ.).
12. Mostalygina L.V., Elizarova S.N., Kostin A.V. *Bentonitovyie gliny Zaural'ya: ekologiya i zdorov'ye cheloveka: Monografiya*. [Bentonite clays of the Trans-Urals: ecology and human health: Monograph]. Kurgan, 2010, 148 p. (in Russ.).
13. Mostalygina L.V., Elizarova S.N., Mostalygin A.G. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova*, 2014, no. 6, p. 172. (in Russ.).
14. Vezentsev A.I., Peristaya L.F., Nguyen Fuk Kao et al. *Sorbtsionnyie i khromatograficheskiye protsessy*. 2018, vol. 18, no. 1, pp. 43–51. (in Russ.).
15. *GOST R 50457-92. Zhiry i masla zhitovnyie i rastitel'nyie. Opredeleniye kislotnogo chisla i kislotnosti*. [GOST R 50457-92. Animal and vegetable fats and oils. Determination of acid number and acidity]. Moscow, 1994, 8 p. (in Russ.).
16. *GOST 26593-85. Masla rastitel'nyie. Metod izmereniya perekisnogo chisla*. [GOST 26593-85. Vegetable oils. Method for measuring peroxide value]. Moscow, 1986, 5 p. (in Russ.).
17. Mikhachchenko Yu.A. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*, 2003, no. 4, pp. 47–52. (in Russ.).
18. Vezentsev A.I., Pokrovskiy M.V., Shaposhnikov A.A. et al. *Sorbtsionnyie i khromatograficheskiye protsessy*, 2015, vol. 15, no. 4, pp. 541–548. (in Russ.).
19. Petrova S.N., Malanina O.O. *Maslozhirovaya promyshlennost'*, 2012, no. 1, pp. 16–19. (in Russ.).
20. Razgovorov P.B., Nagornov R.S., Grishina Yu.N., Silant'yeva A.D. *Izvestiya VUZov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*, 2016, vol. 59, no. 5, pp. 59–64. (in Russ.).
21. Nagornov R.S., Razgovorov P.B., Lepilova A.M., Stroganova Yu.I., Smirnov P.R., Kochetkov S.P. *Izvestiya VUZov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*, 2017, vol. 60, no. 8, pp. 53–59. DOI: 10.6060/tcct.2017608.5618. (in Russ.).
22. Vlasova Ye.A., Valuyeva K.A., Solomkina Yu.S., Razgovorov P.B. *Zhurnal prikladnoy khimii*, 2020, vol. 93, no. 11, pp. 1613–1617. DOI: 10.31857/S0044461820110122. (in Russ.).
23. Bakhtiyarov S.B. *Universum: Khimiya i biologiya: elektronnyy nauchnyy zhurnal*, 2020, no. 4(70). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/9196>. (in Russ.).
24. Smychagin Ye.O., Mustafayev S.K. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*, 2019, no. 5-6, pp. 74–78. DOI: 10.26297/0579-3009.2019.5-6.19. (in Russ.).
25. Poletayeva M.A., Susoyeva N.M. *Polzunovskiy vestnik*, 2014, no. 3, pp. 249–250. (in Russ.).

Received March 7, 2022

Revised May 18, 2022

Accepted November 1, 2022

For citing: Mostalygina L.V., Elizarova S.N., Kostin A.V., Bogdanovskaya I.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 1, pp. 343–350. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230111062.

* Corresponding author.