

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПРОПЕЛЕЙ И ПРОДУКТОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ

**Г.В. Плаксин\*, А.К. Чернышев\*\*, В.И. Зайнчковский\*\*\*, В.А. Левицкий\*\*\*\*, О.И.  
Кривонос\*\*\*, Д.В. Скачков\*\*\***

\*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, г. Омск, e-mail: plaksin@ihcp.ru

\*\*Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Омская государственная медицинская академия", г. Омск, e-mail: dr\_chak@omskmail.ru

\*\*\*Институт ветеринарной медицины и биотехнологии Федерального Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Омский государственный аграрный университет», г. Омск, e-mail: zavet54@mail.ru

\*\*\*\*ООО "ВЕГА-2000-Сибирская органика", г. Омск, e-mail: sapropel@siborganics.com

*Изложены результаты исследований по изучению химического состава сапропелей месторождений Омской области, их физико-химической переработке и использованию продуктов переработки в различных отраслях экономики.*

**Введение.** Сапропели – донные отложения пресноводных водоемов – являются ценным органическим и органоминеральным сырьем для различных отраслей экономики. Запасы сапропеля с естественной влажностью в России оцениваются, по различным источникам, от 38 до 250 млрд. м<sup>3</sup>, с влажностью 60 %(масс.) от 40 до 92 млрд. т [1]. В озерах Западной Сибири сосредоточены огромные залежи сапропелей, но запасы их практически неизвестны, геологическая разведка проведена для ограниченного количества водоемов. Так, в Тюменской области из более 300 тыс. больших и малых озер обследовано 497 и предполагаемые запасы сапропеля в них составляют 1398,7 млн. т. В Новосибирской области разведанные запасы сапропеля определяются в 25 млн. м<sup>3</sup>, а предполагаемые 2,5 млрд. м<sup>3</sup> [2]. Запасы сапропеля в Омской области оцениваются в 156–186 млн. тонн (300–350 млн. м<sup>3</sup>) [3]. В работе представлены результаты исследований химического состава сапропелей Омской области, продуктов их физико-химической переработки и использованию продуктов переработки в различных отраслях экономики.

**Объекты и методы.** В качестве объектов исследования использованы сапропели 17 озер Знаменского, Тарского, Тюкалинского и Саргатского районов Омской области. Предложена схема переработки сапропелей, включающая на первых этапах экстракцию сапропелей органическими растворителями или растворителями, находящимися в сверхкритическом состоянии (например, диоксид углерода), и дальнейшую термическую обработку или каталитическое терморазложение.

Комплексом химических и физико-химических (газовая и жидкостная хромато-масс-, ИК-, ЯМР- и электронная спектроскопия, электронная микроскопия, EDS и РФА методы, порометрия и адсорбционные методы и др.) методов анализа изучены органическое и

минеральное вещество нативных сапропелей а также жидкие, твердые и газообразные продукты переработки сапропелей.

**Результаты исследования и обсуждения.** *Химический состав и свойства нативных сапропелей.* Исследованные сапропели [4, 5] содержат от 8,5 до 84,0 (в % масс.) органического вещества (ОВ). Органическое вещество исследованных сапропелей имеет следующий элементный состав (в % масс. на сухое вещество): углерод – 41,8–53,8; водород – 5,4–7,6; кислород – 18,6–37,4; азот – 4,8–24,1; сера – 0,7–2,5. Сапропели отличаются низким содержанием углерода и повышенным содержанием азота. ОВ содержит следующие группы веществ (в % масс.): битумы – 2,1–4,4; гуминовые вещества – 40,1–47,0; легкогидролизуемые – 23,9–31,2; трудно гидролизуемые – 5,7–8,7; негидролизуемый остаток – 10,8–19,0. В нативных сапропелях обнаружено до 17–20 аминокислот с суммарным содержанием 3,22–8,27 г/кгсв.

Исследованные сапропели относятся к кремнеземистому типу, содержание макроэлементов в минеральной компоненте составляет (в % масс.): оксид кремния – 51,3–67,3; оксид кальция – 1,4–15,0; оксид железа ( $\text{Fe}^{2+}$ ) – 0,8–3,3; общий (пятиокись) фосфор – 0,04–0,68. Кроме указанных макроэлементов в составе минеральной части обнаружены следующие микроэлементы (мг/кг): марганец (117–873), хром (4,03–39,8), никель (9,36–25,6), цинк (23,4–75,4), кадмий (0,20–0,82), молибден (0,29–1,37), кобальт (3,52–13,1), медь (8,36–18,7). В следовых количествах обнаружены селен, олово, стронций, иттрий, рубидий, титан, бром, хлор, цезий, бериллий, скандий, свинец, вольфрам.

*Химический состав и свойства продуктов переработки сапропеля.* Выход липофильных (ЛВ) и водорастворимых веществ (ВРВ) в процессе экстракции сапропелей оз. Жилой Рям жидким диоксидом углерода в диапазоне температур 20, 25 °С и давлении 80–200 атм. составляет 1,6–2,0 % и 0,1–2,2 % на ОВ, соответственно. Анализ водорастворимой части экстракта показал наличие аминокислот 0,06–1,2 мг/кг ОВ, в липофильной части 15,64–435 мг/кг ОВ. В ВРВ идентифицировано 14 аминокислот с содержанием до 14,2 % от общего содержания органических веществ в ВРВ. Содержание витамина Е в ВРВ достигает 129,42 мг/кг ОВ, а витамина В<sub>2</sub> – 2,77 мг/кг ОВ. В продуктах СКЭ также обнаружены ферменты (креатинин, супероксидсмутаза, щелочная фосфатаза, кислотная фосфатаза, аспартатаминотрансфераза, аланинаминотрансфераза, креатининкиназа МВ, α-амилаза, лактатдегидрогеназа, гамма-глутамилтрансфераза, глутатионпероксидаза), триглицериды, фосфолипиды и пептиды. Суммарное содержание БАВ в водорастворимых экстрактах составляет 43,45 мг/л.

Установлено, что предварительная экстракция сапропелей сверхкритическим диоксидом углерода приводит к интенсификации процессов дальнейшей их термической

переработки. В процессе термической переработки выход жидких продуктов из экстрагированных сапропелей достигает 80 % масс. на ОВ, в то время как для нативных сапропелей выход не превышает 32 %. Жидкие продукты, полученные при термической переработке экстрагированных представлены, преимущественно, тетрагидронафталином (цис- и транс-), предельными и непредельными углеводородами  $C_{12}$ - $C_{24}$ , в то время как жидкие продукты термической переработки нативных сапропелей содержат, главным образом, фенол и его производные, азотсодержащие гетероциклические соединения.

При терморастворении нативных и экстрагированных сапропелей в среде протонодонорных растворителей максимальный выход жидких продуктов для экстрагированных сапропелей достигается при меньших температурах. С увеличением температуры процесса, увеличивается содержание в жидких продуктах тяжелых полиароматических соединений и их алкил- и кислород-замещенных. Синтезированы и исследованы органические гидрофобные широкопористые материалы с удельной поверхностью до  $6 \text{ м}^2/\text{г}$  и с суммарным объемом пор до  $0,36 \text{ см}^3/\text{г}$ . Эти материалы перспективны для получения нефтяных сорбентов – для сбора нефти и нерастворимых в воде нефтепродуктов и органических веществ с поверхности воды и водоемов, а также любой твердой поверхности. Нефтяные сорбенты обладают нефтеемкостью до 2,5–6,0  $\Gamma_{\text{нефти}}/\Gamma_{\text{сорбента}}$ , влагоемкостью до 1,0–1,5  $\Gamma_{\text{воды}}/\Gamma_{\text{сорбента}}$ , плавучестью не менее 72 часов.

В результате термической обработки сапропелей получены твердые пористые углеродсодержащие продукты с удельной поверхностью до  $200 \text{ м}^2/\text{г}$ , суммарным объемом пор до 0,24–0,91  $\text{см}^3/\text{г}$  и преимущественным радиусом пор 2000–10000 Å. Дальнейшая паровоздушная активация позволяет увеличивать суммарный объем пор до 1,40  $\text{см}^3/\text{г}$ . Пористые углеродсодержащие материалы из сапропеля перспективны в качестве сорбентов в процессе водоподготовки питьевой воды, для очистки природных, технологических и бытовых сточных вод от водорастворимых загрязнений органическими веществами и нефтепродуктами, рекультивации почв, носителей катализаторов и в ряде других сорбционных и каталитических процессах.

Установлено, что основными компонентами газов термической деструкции органического вещества сапропелей являются: % об.  $\text{CO}$  (4,4–10,7 %),  $\text{CO}_2$  (49,8–93,1 %),  $\text{CH}_4$  (4,1–10,8 %),  $\text{H}_2\text{S}$  (2,5–5,3 %),  $\text{H}_2$  (1,8–12,6 %). С повышением температуры процесса уменьшается содержание  $\text{CO}_2$  и увеличивается содержание остальных газов  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2$ . При температуре процесса  $500^\circ\text{C}$  в газовых продуктах обнаружены дополнительные компоненты:  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  и др. Расчетная теплотворная способность газов составляет 1700–10800 кДж/кг.

*Применение сапропелей и продуктов переработки.* Изучение эффективности использования в качестве удобрений сапропеля натурального в подтаёжной и южной лесостепной зонах Омской области показало (СибНИИ СХ), что использование сапропелей позволяет усовершенствовать систему применения удобрений под сельскохозяйственные культуры для различных почвенно-климатических условий Омской области и обеспечить повышение почвенного плодородия и продуктивности культур на 10–15 % [6].

Сапропель используется в качестве кормовой добавки в рационах крупнорогатого скота, свиней и птицы. Использование сапропеля в рационах кормления подсвинков на откорме благотворно влияет на повышение продуктивности, а также качества мяса и сала [7].

Введение сапропеля Омской области в рацион кур-несушек способствовало повышению сохранности, улучшению качества яиц, экономии кормов и снижению их стоимости. При введении этого же сапропеля в рацион цыплятам-бройлерам при свободном доступе к кормам в количестве 10 и 15 % улучшается их жизнеспособность на 2,0–2,6 %. В группах, получавших сапропель, живая масса бройлеров для всех возрастных периодов была выше, а среднесуточный прирост живой массы в опытных группах был выше на 1,9–2,2 г. по сравнению с контрольной. Введение пропиленгликолевого экстракта сапропеля в рацион цыплят мясных пород способствовал повышению интенсивности роста цыплят на 5,6–10,0 % и снижению затрат корма на 1 кг прироста живой массы на 6,0–8,5 %. Эффективность производства мяса бройлеров при использования экстракта сапропеля выше на 14,3–17,0 % по сравнению с контролем [8].

Применение в ветеринарии сапропеля и продуктов его переработки позволили создать продукты, обладающие выраженными антиоксидантными, противосептическими, антипротозойными, аскарицидными, репеллентными, стимулирующими и антитоксическими свойствами. Так, например, на основе сапропелевого дегтя созданы экспериментальные образцы лекарственных средств. Мазь дегтярная используется для лечения животных с заболеванием кожи бактериального и клещевого происхождения. Эмульсия из сапропелевого дегтя в разных препаративных формах оказывает лечебный эффект при послеродовых эндометритах, наружных гнойно-некротических процессах, а также обеспечивает репеллентное действие. Щелочный гидролизат сапропеля (ЩГС) оказывал благотворное влияние на обмен веществ, состояние красной крови и повышал прирост массы тела телят на 15–20 %. Применение ЩГС ослабленным и с признаками диареи телятам и поросятам оказывало лечебный и профилактический эффект. Положительный результат получен при сочетании ЩГС с симптоматическими и этиотропными веществами. Положительные результаты получены при применении пропиленгликолевого экстракта сапропеля «ЭС-2» как

неспецифического стимулятора в профилактике болезней и комплексной терапии животных [9–11].

**Заключение.** Изучено применение сапропеля и продуктов его переработки в медицине и фармакологии. Показано, что экстракты сапропеля и продуктов его термической переработки обладают фармакологической активностью и антиоксидантными свойствами, и их можно рассматривать в качестве перспективных лечебных компонентов как парафармацевтических форм (мази, гели, кремы), так и в качестве лекарственных форм энтерального и парентерального применения. Имеется опыт применения линимента сапропелевого в гнойной хирургии у пациентов с термическими ожогами и кожными ранами, супозитариев сапропелевых при хроническом простатите [12].

### Список литературы

1. Штин С.М. Озерные сапропели и их комплексное освоение / под ред. И.М. Ялтанца. – М.: Изд. Московского горного ун-та, 2005. – 373 с.
2. Бакшеев В.Н. Сапропель вчера, сегодня и завтра. – Тюмень: Блиц-Пресс, 1998. – 80 с.
3. Шмаков П.Ф. Сапропелевые ресурсы озер Омской области и их рациональное использование/ П.Ф. Шмаков, А.Г. Третьяков, В.А. Левицкий // Кормовые ресурсы Западной Сибири и их рациональное использование: Сб. Научных трудов ИВМ ОмГАУ. – Омск: Областная типография, 2005. – С. 51–70.
4. Плаксин Г.В. Термохимическая переработка озерных сапропелей: состав и свойства продуктов/ Г.В. Плаксин, О.И. Кривonos // Российский химический журнал. – 2007. – № 4. – С. 140–147.
5. Кривonos О.И. Разработка нового подхода к комплексной переработке сапропелей: Автореф. ... дис. канд. хим. наук. – Омск, 2012.
6. Храмцов И.Ф. Эффективность применения сапропеля в земледелии Омской области/ И.Ф. Храмцов, Н.А. Воронкова, А.И. Мансапова, О.Ф. Хамова // Сапропель и продукты его переработки: Матер. межд. научно-практической конф. (4–5 декабря 2008, Омск). – Омск, 2008. – С. 4–45.
7. Шмаков П.Ф. Мясная продуктивность подсвинков крупной белой породы при использовании в рационах сапропеля/ П.Ф. Шмаков, Е.Г. Шилов, В.А. Левицкий // Кормовые ресурсы Западной Сибири и их рациональное использование: Сб. научных трудов ИВМ ОмГАУ. – Омск: Областная типография, 2005. – С. 109–118.
8. Левицкий В.А. Сапропель и продукты его переработки в кормлении птицы// Кормовые ресурсы Западной Сибири и их рациональное использование: Сб. научных трудов ИВМ ОмГАУ. – Омск: Областная типография, 2005. – С. 103–108.
9. Зайнчковский В.И. Применение сапропеля и продуктов его переработки в ветеринарии/ В.И. Зайнчковский, В.Д. Конвай, Е.И. Воцатынский [и др.] // Сапропель и продукты его переработки: Матер. межд. научно-практической конф. (4–5 декабря 2008, Омск). – Омск, 2008. – С. 4–45.
10. Миловская Г.А. Гуматом – универсальный стимулятор живых систем/ Г.А. Миловская, Д.В. Скачков // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность!: мат. IV Всерос. молодежной науч.-техн. конф. с межд. участием (15–17 ноябр. 2011 г., Омск): 2 кн. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. – С. 229–231.
11. Мартыненко Н.М. Новое средство защиты животных на основе омского сапропеля/ Н.М. Мартыненко, Е.А. Мартыненко, Д.В. Скачков// Динамика систем, механизмов и машин: VII Междунар. науч.-техн. конф. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2009. – С. 416–420.
12. Сапропель и продукты его переработки: Матер. межд. научно-практической конф. (4–5 декабря 2008 г., Омск). – Омск, 2008. – 110 с.

### THE USE OF THE SAPROPELS AND PRODUCTS OF THEIR TREATMENT IN VARIOUS INDUSTRIES

G.V. Plaksin, A.K. Chernishev, V.I. Zaynchkovski, V.A. Levitski, O.I. Krivonos,  
D.V. Skachkow

*The results of the study of chemical composition of the sapropels of Omsk district are exposed. The question of the sapropels physical and chemical processing and the use of the obtained products in different industries are considered.*

Л. 431  
Б 795

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ СО РАН

ИНСТИТУТ ХИМИИ НЕФТИ СО РАН

ГОРНО-АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТОРФЯНОЙ КОМИТЕТ РФ

ТОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ДОКУЧАЕВСКОГО ОБЩЕСТВА ПОЧВОВЕДОВ



# БОЛОТА И БИОСФЕРА

МАТЕРИАЛЫ VIII ВСЕРОССИЙСКОЙ  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ  
НАУЧНОЙ ШКОЛЫ

(10–15 сентября 2012 г.)

Томск 2012