

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ РАЗВЕДКИ САПРОПЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ САПРОПЕЛЕВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Б. В. Курзо,

главный научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси, доктор техн. наук

О. М. Гайдукевич,

старший научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси, канд. техн. наук

М. В. Кузьмицкий

инженер БГТУ

Беларусь относится к странам, не обладающим в достаточной мере собственными ресурсами ценных руд и высококачественных горючих ископаемых, на которых базируется современная тяжелая и химическая промышленность. В условиях нашей республики основной местной сырьевой базой для развития промышленности могут служить значительные запасы древесины, калийной соли, песчано-гравийных материалов, отложения торфа и сапропеля, накопившиеся в течение тысячелетий в болотах и озерах. Ресурсы практически не тронутого человеком сапропеля в озерах и болотных массивах составляют более 4 млрд м³.

Территория Беларуси отличается хорошей изученностью озерного сапропеля. Первые геологоразведочные работы были проведены в 30-х гг. прошлого века [1, 2]. Планомерные изыскания осуществлялись в 70-х — 90-х гг. К настоящему времени детальная разведка сапропеля (категория оценки запасов А) выполнена на 71 озере. Поисково-оценочные работы (категория оценки запасов С₂) проведены на 590 водоемах [3]. Кроме того, насчитывается около 200 озер, запасы сапропеля в которых оценены прогнозно по незначительному количеству разведочных пунктов бурения. Для остальных 1070 неизученных озер прогнозные ресурсы сапропеля подсчитаны с учетом их площади и средней мощности осадков в исследованных водоемах в пределах каждого административного района (категория прогнозных ресурсов Р).

В таблице 1 представлены итоговые данные по изученности и составу сапропеля Беларуси на 01.01.2010 г. Разведанные запасы составляют 690,2 млн т, а прогнозные ресурсы в неисследованных озерах — 174,1 млн т. Таким образом, цифра общих геологических запасов сапропеля равна 864,3 млн т, из которых 10 % разведано по категории А и 70 % — предварительно оценено по категории С₂. Неисследованными являются около 20 % общих ресурсов сапропеля.

Наибольшие ресурсы сосредоточены в Витебской области и на севере Минской, а также в Гродненском, Ивацевичском, Житковичском и некоторых других районах (рис. 1). В зависимости от озерности и природных факторов запасы сапропеля и их вещественный состав заметно отличается. Как показывает опыт проведения геологоразведочных работ, даже в пределах одного месторождения иногда насчитывается до четырех типов осадков, несколько классов и более десяти видов сапропеля.

анализа и классифицирования сапропеля возникает необходимость оперативной корректировки информации, ее обработки с целью получения итоговых отчетов по произвольным запросам пользователей. Поэтому в целях практического использования кадастровых данных по ресурсам сапропеля для системы органов Министерства природных ресурсов Республики Беларусь разработан электронный вариант кадастра сапропелевых отложений озер Беларуси, который включает в себя информационные базы данных по всем изученным характеристикам сапропелевых месторождений, графическую информацию (планы месторождений) и инструментальные средства представления и корректировки информации.

Электронный кадастр дает возможность не только получать и анализировать картосхемы размещения сапропелевых озер и планы разведанных месторождений, но и оперативно находить все имеющиеся качественные характеристики сапропеля по областям, районам и отдельным объектам. Используя стандартное меню и панель инструментов можно создавать любые запросы, формировать фильтры, составлять отчеты любой формы, выполнять их вывод на печать и экспорт информации, дополнять и корректировать базы данных, оперативно вести баланс разведанных и выработанных запасов сапропеля, для чего предназначена экран-форма «Добыча сапропеля».

Для систематизации информации по ресурсам сапропеля при анализе их размещения и использования, сформулированы принципы и впервые разработана классификация озерных месторождений сапропеля [6], которая учитывает предложенную ранее генетическую классификацию сапропелевых залежей [7]: трофические условия среды осадкообразования, способ образования и главные источники осадочного материала, последовательность напластования сапропеля в залежи, а также мощность перекрывающей толщи воды и общий объем запасов.

На основе баз данных электронного кадастра озерных месторождений сапропеля, дополненного данными по ресурсам сапропеля на торфяных месторождениях, разработана карта всех месторождений сапропеля Беларуси в масштабе 1:500 000 и проведено районирование территории республики по вещественно-генетическим типам промышленных запасов сапропелевого сырья. Научная значимость выполненного районирования сапропелепродуктивных площадей республики заключается в возможности выявления районов со схожими процессами озерного осадконакопления для выделения перспективных баз сапропелевого сырья для использования в земледелии, животноводстве, бальнеологии и других сферах хозяйства.

Кроме того, созданные для электронного кадастра базы данных по сапропелю в совокупности с картой сапропелевых месторождений республики позволяют решать специальные задачи. Например, для Национального атласа Республики Беларусь с использованием разработанных информационных систем методом картограммы построена представленная выше (см. рис. 1) картосхема общих геологических запасов сапропеля по административным районам республики. С использованием метода изолиний создана картосхема прогнозной обеспеченности пахотных угодий извлекаемыми запасами сапропелевого сырья (рис. 2). Исходя из многолетнего опыта добычи сапропеля и анализа физико-механических параметров сапропелевых залежей в мелководных озерах со средними глубинами воды до 2 м коэффициент извлечения запасов принят 0,7, в озерах со средними глубинами 2–4 м — 0,5 и в глубоководных (средняя глубина более 4 м) — 0,3. Из категории извлекаемых запасов были исключены ресурсы сапропеля в озерах, расположенных на охраняемых территориях и в центре обширных болотных массивов, а также не удовлетворяющие нормам существующих технических условий на различную продукцию из сапропеля. По соотношению извлекаемых и общих запасов сапропеля для каждого административного района были подсчитаны прогнозные цифры извлекаемых ресурсов озерных отложений для неизученных водоемов.

Картосхемы построены на основе электронных карт, созданных при помощи инструментальной геоинформационной системы Arc View GIS 3.1. В качестве проекции электронных карт выбрана равновеликая коническая проекция Альберта, сохраняющая размеры площадей и наиболее точно представляющая расстояния на средних широтах. Для построения изолиний обеспеченности пашни извлекаемыми запасами сапропеля использовалось расширение Arc View Spatial Analyst. В качестве метода интерполяции применялась система регуляризованных сплайнов с построением сплайн-функций по 12 ближайшим точкам.

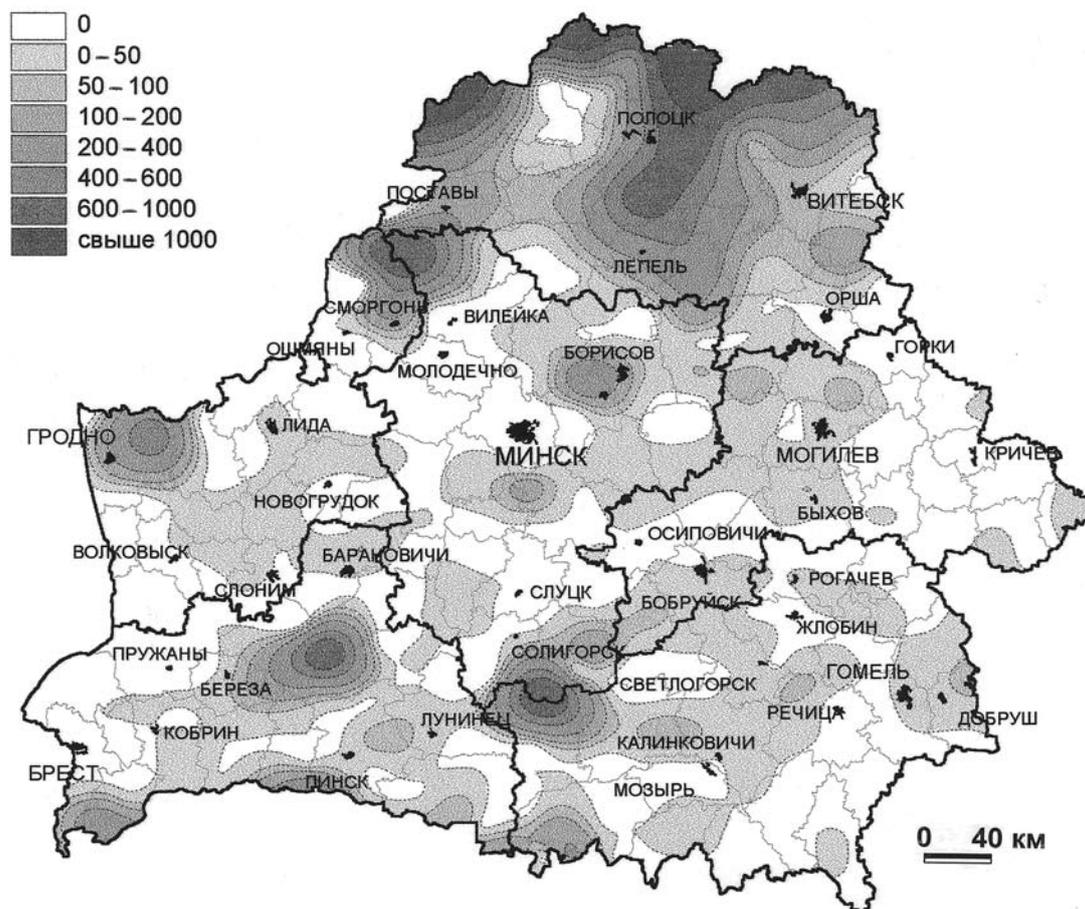


Рис. 2. Картограмма обеспеченности пашни извлекаемыми запасами сапропеля, тыс. т

Картографические материалы, разработанные и полученные впервые в результате обработки большого объема фондовой информации по геологоразведочным работам на сапропель, позволяют наглядно представить распределение общих геологических запасов, их типологию и степень изученности в разрезе административных областей. Картограмма прогнозной обеспеченности пашни извлекаемыми запасами сапропелей позволяет анализировать состояние ресурсов по административным районам.

Перспективы освоения месторождений сапропеля определяются согласно разработанным критериям, которые учитывают данные по глубине воды, мощности и запасам сапропеля, его качественному составу, положению месторождения в системе действующих или планируемых природоохранных территорий [8, 9]. Не менее актуальной задачей является оптимальное размещение участка по добыче сапропеля в таких местах месторождения, где, наряду с малыми глубинами воды, показатели вещественного состава сапропелевой залежи не выходят за пределы норм технических условий, а их изменчивость в разрезах является незначительной, что гарантирует получение однородного и качественного по составу сырья.

Проиллюстрируем методический подход по выбору оптимального по качественным показателям участка разработки сырья, взяв в качестве примера месторождение сапропеля в о. Безымянное Крулянского района. Озеро является мелководным, средняя глубина воды составляет 1,1 м, максимальная — 2,3 м. Сапропелевая залежь представлена четырьмя типами озерных осадков, которые могут найти применение во многих отраслях хозяйства, в том числе для приготовления органического вида сапропелевых удобрений. Для обоснования размещения участка по добыче сырья, пригодного для выпуска органических удобрений, выполнено сравнение показателей вещественного состава сапропеля данного озера с нормами технических условий (ТУ) (табл. 2).

Сравнение содержания общетехнических показателей в сапропелевой залежи о. Безымянное с нормами на сырье для выпуска органических удобрений*

Нормируемые показатели	Норма по ТУ РБ 03535026.287-97	Содержание в залежи	
		пределы изменения	среднее
		% сухого вещества	
A ^c	менее 50	13,0–69,8	47,2
CaO	менее 12	2,5–30,1	8,0
Fe ₂ O ₃	менее 10	1,0–6,4	3,2
N _{общ}	более 1	1,5–3,3	2,3
SO ₃	менее 3	1,2–3,0	2,3
pH	более 5 ед.	5,8–8,0 ед.	7,5 ед.

* По содержанию тяжелых металлов сапропели удовлетворяют нормам ТУ.

Из данных (см. табл. 2) видно, что по содержанию железа, азота, серы, тяжелых металлов, а также по величине кислотности сапропель не имеют ограничений для организации добычи на всей площади акватории. Верхние пределы содержания в залежи общей золы и кальция выше, чем нормы ТУ РБ 03535026.287-97 «Удобрения сапропелевые». Поэтому по данным показателям должны быть введены ограничения при размещении первоочередного участка разработки.

Значения средних содержаний золы, кальция и железа в слое предполагаемой разработки, который в о. Безымянное равен 4 м, обработаны с использованием программного обеспечения ГИС Arc View (ESRI) и электронных таблиц Excel (Microsoft). С помощью первой программы построены графические изображения объекта исследования, которые представлены в виде изолиний равного содержания (рис. 3).

Для анализа масштабов рассеяния показателей по каждому шурфу в слое разработки сапропеля рассчитаны среднеквадратические отклонения, которые считаются наглядным и компактным критерием изменчивости природных параметров [10]. На рисунке 3 видно, что на распределение зольности и кальция по площади оказывают влияние впадающие ручьи и речки, а также близость песчаной прибрежной полосы. Соединения железа больше концентрируются в осадках глубоководной части акватории. Наименьшая изменчивость содержаний элементов характерна для центральной части озера.

На рисунке 4 представлена последовательность выделения первоочередного участка разработки залежи о. Безымянное, оптимального по качественным параметрам сапропеля для приготовления органических удобрений. Сначала выделяется участок А, неперспективный по зольности. Границей служит изолиния средней зольности в слое разработки, равная 50 %. Затем оконтуривается участок В, где содержание карбонатов выше 12 %, что регламентируется техническими условиями. На участках С, D и E в четырехметровом слое разработки можно ожидать, что все показатели добытого сырья не будут превышать нормы технических условий.

Это подтверждается данными статистической обработки распределений некоторых компонентов в сапропеле разных участков месторождения (табл. 3). Количественные значения в исследованных выборках распределены по нормальному закону. Доверительные интервалы для средних значений всех элементов при уровне вероятности 95 % на участке E имеют незначительную разбегку, а сами средние заметно ниже нормативов ТУ. Анализ изменчивости нормируемых параметров в слое разработки показывает (см. рис. 3 б), что на участке С велика вариабильность содержания кальция ($\sigma > 5$), а на участке D — зольности ($\sigma > 10$).

Следовательно, на выделенном участке E можно гарантировать добычу сапропелевого сырья с однородным вещественным составом, удовлетворяющего требуемым нормам. На прилегающих участках С и D добытое сырье также будет соответствовать нормативам ТУ, однако разброс качественных характеристик для отдельных партий продукции будет велик. Если применяемая на том или

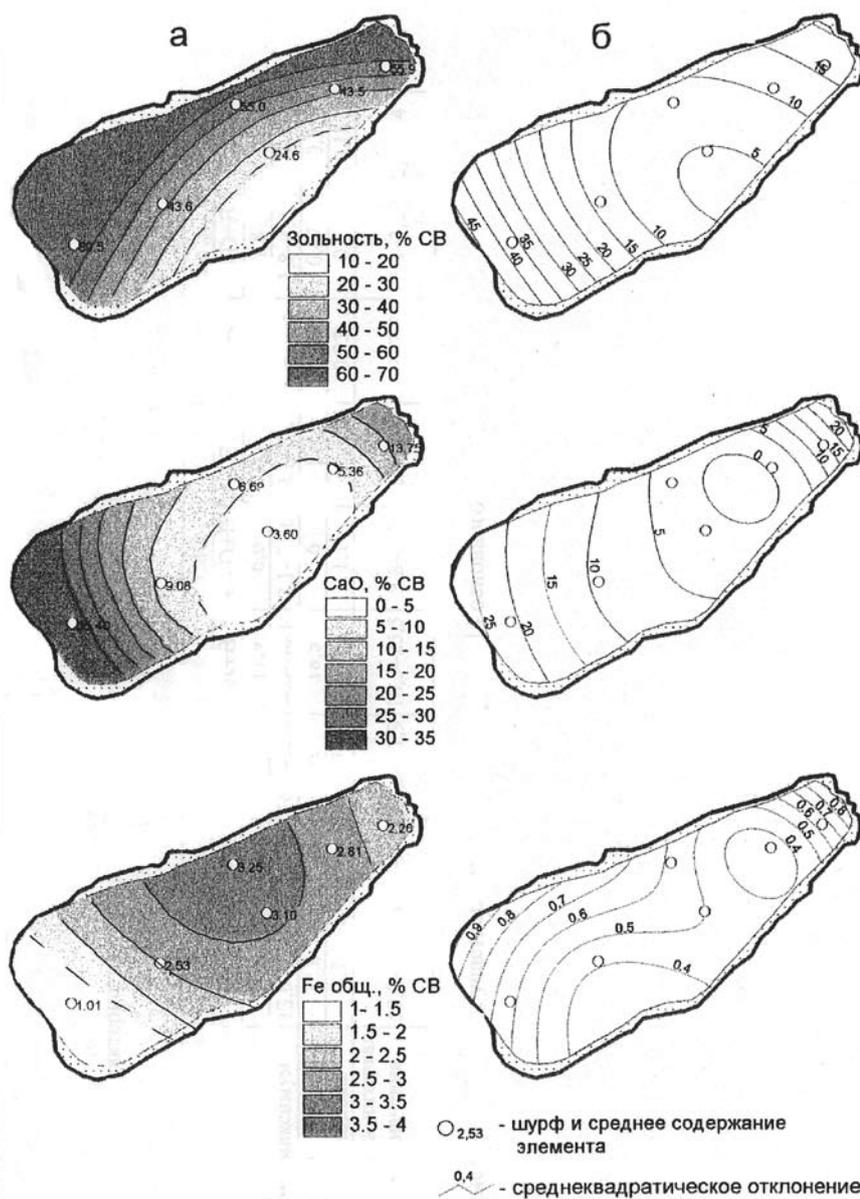


Рис. 3 а, б. Распределение средних содержаний золы, кальция, железа (а) и среднеквадратические отклонения (б) в слое разработки сапрелея о. Безымянное

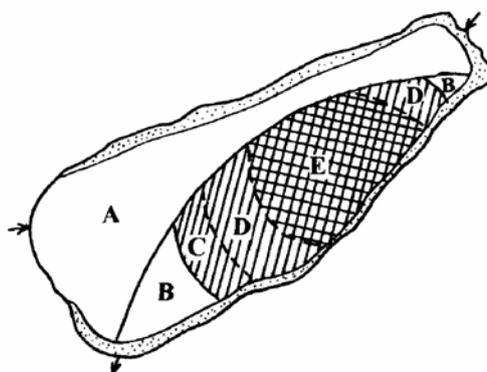


Рис. 4. Выбор участка по добыче сапрелевого сырья для приготовления органических удобрений на о. Безымянное: А — участок повышенной зольности ($A^c > 50\%$), В — участок повышенного содержания карбонатов ($CaO > 12\%$), С — участок повышенной изменчивости содержания карбонатов ($\sigma > 5$), D — участок повышенной изменчивости зольности ($\sigma > 10$), Е — оптимальный по качеству сырья участок

ином объекте технология добычи сапропеля ограничивается определенными глубинами воды, в схему выбора перспективного для разработки участка вводятся данные батиметрии.

Таблица 3

Статистические характеристики распределения некоторых компонентов вещества в слое разработки сапропелей на разных участках месторождения в о. Безымянное*

Компонент, % СВ	Зола			CaO			Fe _{общ}		
	А + В	С + D + E	Е	А + В	С + D + E	Е	А + В	С + D + E	Е
Среднее значение	59,8	37,2	24,6	17,9	6,0	3,6	2,2	2,8	3,1
Мин. — макс.	13,0–93,5	16,7–61,1	16,8–32,5	4,0–50,1	2,1–26,6	2,1–7,8	0,4–4,0	1,8–4,2	2,6–4,2
Стандартное отклонение	22,8	13,4	4,8	18,5	5,6	1,8	1,09	0,47	0,5
Стандартная ошибка	4,7	2,7	1,7	3,9	1,1	0,6	0,23	0,1	0,18
Доверительный интервал (P = 0,95)	50,6–69,0	31,9–42,5	21,3–27,9	10,3–25,5	3,8–8,2	2,4–4,8	1,7–2,7	2,6–3,0	2,8–3,4

* Индексы участков представлены на рисунке 4.

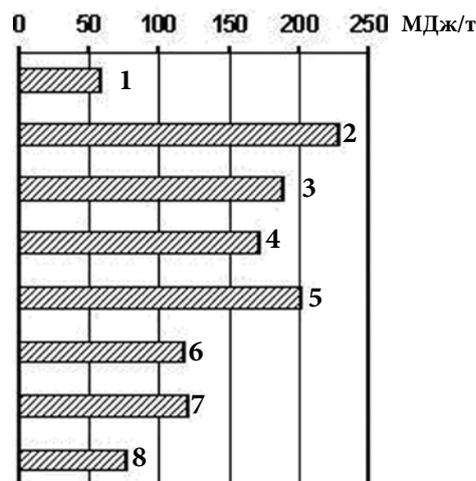
При выборе способа добычи и переработки сапропеля в настоящих условиях решающим фактором является его энергозатратность. Для анализа совокупных и удельных затрат энергии по технологическим операциям применяемых способов добычи сапропеля использованы материалы действовавших производственных участков, а также справочные и методические источники по оценке энергетической эффективности технологий сельскохозяйственного производства при расчете энергозатрат для новой канатно-скреперной технологии. В качестве репрезентативных объектов исследования выбраны типичные участки промышленной добычи сапропеля по гидромеханизированной технологии (о. Вечер и Мотольское), экскаваторно-грейферной (о. Мено и Большое Юровское) и экскаваторной на торфоучастках «Закружка» и «Лавы». Структура совокупных удельных энергозатрат при разработке месторождений по различным технологиям показана на рис. 5.

Из применяющихся технологий наибольшими вложениями энергии в добычу 1 т сырья условной 60-процентной влажности характеризуется экскаваторно-грейферная технология с экскаваторной перегрузкой сапропеля на берегу. При использовании данной технологии на о. Мено расходуется более 200 МДж/т совокупной энергии, что на 35 % больше, чем для экскаваторного способа на торфоучастке «Закружка» с удалением излишек воды с помощью насосной станции. Применение этой технологии на малых объектах с гидромеханизированной перегрузкой позволяет снизить удельные энергозатраты до 120 МДж/т (о. Большое Юровское).

Гидромеханизированная технология также характеризуется повышенными удельными энергетическими вложениями — около 130–140 МДж/т. Здесь самой энергоемкой операцией из-за повышенной металлоемкости применяемого оборудования является экскавация сапропеля, на что расходуется 35–53 % совокупной энергии и транспорт пульпы к береговым чекам-отстойникам — 15–40 %.

Добыча сапропеля на выработанных от торфа участках производится, как правило, в условиях существующей инфраструктуры торфяного производства. Поэтому вложения энергии на обустройство месторождений значительно снижаются, а совокупные энергозатраты в расчете на единицу готовой продукции примерно на 45–70 % ниже, чем при организации работ по гидромеханизированной и экскаваторно-грейферной технологиям и составляют 80–125 МДж/т. Существенной (до 15–20 %) экономии энергии при работе на торфоучастках можно достигнуть путем исключения работы насосных станций по откачке воды.

Для перспективного ковшово-элеваторного способа добычи, применяемого на о. Судобль при заготовке лечебных грязей, прямые энергозатраты на топливо и электроэнергию и косвенные затраты на машины и оборудование значительно снижены по сравнению с другими известными технологиями. Это объясняется сбалансированностью мощности силовых установок с объемом добычи и физическими свойствами залежи. У ковшово-элеваторного и экскаваторно-грейферного способов добычи около 15 % энергии расходуется на перегрузку сырья с водного транспорта в наземный.



Способ добычи	Месторождение
Канатным скрепером	1 — малый объект (H < 150 м)
	2 — средний объект (H = 150–400 м)
Гидромеханизированный	3 — о. Вечер
	4 — о. Мотольское
Экскаваторно-грейферный	5 — о. Мено
	6 — о. Большое Юровское
Экскаватором на торфоучастке	7 — торфоучасток «Закружка»
	8 — торфоучасток «Лавы»

Рис. 5. Сопоставление совокупных удельных затрат энергии при добыче сапропеля различными способами

Устранение этого вида затрат позволяет сделать экскаваторно-грейферный способ энергетически сопоставимым с разработкой сапропеля на торфоучастке.

Поиск новых ресурсосберегающих способов и средств добычи озерного сапропеля показывает принципиальную возможность использования для этого технологии канатного скреперования. Для разработки малых по площади (до 50 га) месторождений в озерах и на торфоучастках, прибрежных участков крупных озер и средних по площади месторождений удлиненной конфигурации с плечом экскавации до 150 м предложен, обоснован и в настоящее время испытывается в рамках научного обеспечения Государственной программы «Торф» в Лиозненском районе Витебской области канатно-скреперный способ добычи сапропеля естественной влажности [11]. При данном способе отработки залежи технологическое оборудование размещается на противоположных сторонах объекта: на месте выгрузки сырья располагается приводная, на другом берегу — якорная станция. Станции соединены между собой тяговым и возвратным канатами с рабочим органом ковшового или скреперного типа. Возвратно-поступательные движения рабочего органа с экскавацией материала к берегу осуществляются лебедкой на приводной станции. На противоположном берегу размещается якорная станция. Выгрузка экскавируемого сапропеля естественной влажности производится непосредственно на береговой полосе или совмещается с погрузкой в транспортное средство при использовании стрелы экскаватора. Оборудование отличается низкой металлоемкостью. Залежь разрабатывается упорядоченно, без предварительного осушения и подготовки месторождения к экскавации, что требует незначительных инвестиций, а работа оборудования не лимитируется глубиной воды и зарослостью озера растениями.

Запатентован рабочий орган (скреперный ковш) для реализации данной технологии при добыче сапропеля различной консистенции, который позволяет проводить работы под водой на озере, на торфяном участке, а также обеспечивает повышение производительности канатно-скреперной установки за счет лучшего заполнения и опорожнения. Обеспечение селективной экскавации сапропеля различной консистенции без захвата песчаных пород мелководий озер и крайков болот, а также эффективной последующей транспортировки извлеченного материала к месту разгрузки без вымывания достигается выполнением передней и задней частей днища ковша канатного скрепера приподнятой формы и установкой подвижных заслонок на днище.

Сопоставительный анализ добычи сапропеля канатно-скреперными установками с другими известными способами показывает (см. рис. 5), что для малых объектов совокупные удельные затраты энергии составляют около 60 МДж на тонну добываемого сырья, что сопоставимо с ковшово-элеваторной технологией и в 1,5–3,5 раза меньше затрат на экскавацию и транспорт по другим технологиям добычи. Затраты энергии при добыче канатно-скреперными установками увеличиваются пропорционально плечу экскавации за счет снижения производительности оборудования. Резервы ее повышения заложены в увеличении как скорости холостого хода при возврате скреперующего устройства к месту экскавации, так и объеме ковша.

При восстановлении озерных экосистем путем извлечения накопившегося за тысячелетия сапропеля встает задача утилизации и переработки добытого сапропелевого сырья с получением экономического эффекта. Достигнутый уровень знаний о составе и свойствах сапропеля, широкая распространенность сырья, доступность, относительная простота добычи и переработки позволяют заключить, что наибольшие его объемы будут применяться в земледелии в качестве сапропелевых удобрений, известковых материалов и грунтов. Расчеты показывают, что затраты на производство сапропелевых удобрений зависят от агрохимического состава сырья, технологии добычи и приготовления удобрений, расстояния перевозки готовых удобрений от месторождения до удобряемых сельхозугодий (табл. 4).

Таблица 4

Затраты на производство 1 т сапропелевых удобрений

Технология		Цена 1 т удобрений (франко-штабель), тыс. руб.	Расстояние до сельхозугодий, км	Затраты на погрузку, транспорт и внесение, тыс. руб./т	Итого затрат, тыс. руб./т
заготовки	переработки				
Гидромеханизованная, о. Червоное	Фрезерная	26,7	1	1,9	28,6
			5	2,9	29,6
			15	6,1	32,8
Экскаваторная, на осушенном о. Прибыловичи	Лущение и дискование	11,6	1	1,9	13,5
			5	2,9	14,5
			15	6,1	17,7
Канатно-скреперная, о. Бувское (предварительная оценка)	Лущение и дискование	8,2	1	1,9	10,1
			5	2,9	11,1
			15	6,1	14,3

В связи с подорожанием азотных и особенно фосфорных удобрений в последнее время проводятся работы по разработке сапропелевых месторождений с повышенным содержанием фосфора и азота, содержание которых в некоторых залежах, как показывают исследования, может составлять 1,5–4 % на сухое вещество. На примере о. Прибыловичи Лельчицкого района показано, что сапропелевые удобрения из местного сырья с повышенным содержанием азота, фосфора, кальция, органического вещества, микроэлементов в дозах 10–20 т/га полностью заменяют минеральные удобрения в основную заправку, что позволяет экономить до 200–400 тыс. руб. на 1 га.

Использование открытого способа добычи сапропеля из осушенных озер (о. Прибыловичи) и применение перспективной ресурсосберегающей канатно-скреперной технологии (о. Бувское

Лиозненского района) в совокупности с разработкой наиболее ценных в агрохимическом отношении сапропелевых залежей делают минимальными затраты и увеличивают прибавки урожая до 40 кг к. ед. в расчете на 1 т внесенного сапропелевого удобрения. Это способствует тому, что экономическая эффективность добычи сапропеля из новых объектов заметно возрастает, а его применение в растениеводстве становится рентабельным на расстоянии до 15 км от места заготовки (табл. 5). Следует учитывать эффект последствия сапропелевых удобрений, который проявляется в течение 3–5 лет после заправки поля органоминеральными туками. С учетом этого фактора прибавки урожая от 1 т сапропелевых удобрений составят более 60 кг к. ед. Кроме того, использование карбонатного сапропеля позволяет вносить ежегодно 1,5–2 т на 1 га известковых материалов в пересчете на CaCO_3 и избежать поддерживающего известкования сельхозугодий, что способствует экономии бюджетных средств.

Таблица 5

Эффективность применения сапропелевых удобрений из сырья, добытого по различным технологиям а счет прибавки урожая*

Технология	Расстояние до сельхозугодий, км	Прибавка урожая		Доход (+), потери (-) на 1 т удобрений, тыс. руб.
		кг к. ед./т	стоимость, тыс. руб.	
Гидромеханизованная	1	30	12,2	- 16,4
	5			- 17,4
	15			- 20,6
Экскаваторная	1	40	16,3	+ 2,8
	5			+ 1,8
	15			- 1,4
Канатно-скреперная	1	35	14,2	+ 4,1
	5			+ 3,1
	15			- 0,1

* Стоимость 1 т к. ед. на конец 2009 г. составляла 142,8 долл. США.

Таким образом, на основании экспериментальных исследований и анализа производственных материалов показано, что использование традиционно применяемых и новых технологий добычи сапропеля обусловлено главным образом энергетическими затратами и горно-геологическими условиями месторождений, которые определяются строением залежей, вещественным составом осадков, их структурно-реологическими и водно-физическими свойствами.

Опыт разработки сапропелевых месторождений показывает, что углубление озер путем добычи сапропеля, осуществляемое согласно выработанным природоохранным правилам, кроме заметного улучшения экологической ситуации в мелиорируемых водоемах дает возможность вовлечь в сферу сельскохозяйственного использования ценное агрохимическое сырье. Применение новых ресурсосберегающих технологий добычи и переработки сапропелевого сырья в качественные органоминеральные удобрения позволяет получать чистый доход от повышения урожайности сельхозугодий и частичной замены минеральных удобрений.

Литература:

1. Соловьев, М. М. Сапропелевые изыскания в Белоруссии / М. М. Соловьев // Экспедиции Всесоюзной академии наук. — М., 1932. — С. 342–345.
2. Соловьев, М. М. Типы и распространение сапропелевых отложений в северной части БССР / М. М. Соловьев // Торф и его использование в народном хозяйстве. — Минск, 1935. — С. 279–287.
3. Курзо, Б. В. Сапропель / Б. В. Курзо // Полезные ископаемые Беларуси: к 75-летию БелНИГРИ; редкол.: П. З. Хомич [и др.] — Минск: Адукацыя і выхаванне, 2002. — С. 305–316.
4. Лопотко, М. З. Кадастр сапропелевых отложений озер Белорусской ССР: в 6 т. / М. З. Лопотко, Г. А. Евдокимова, О. М. Букач и др.; под ред. И. И. Лиштвана. — Минск: Наука и техника, 1981.
5. Инструкция о порядке составления Государственного кадастра месторождений полезных ископаемых СССР. — М., 1967.

6. Курзо, Б. В. Принципы и критерии классификации месторождений сапропеля / Б. В. Курзо // Природопользование: сб. науч. тр./ Ин-т природопользования НАН Беларуси; гл. ред. А. К. Карabanов. — Минск: Изд. А. Н. Вараксин, 2009. — Вып. 15. — С. 250–259.
7. Курзо, Б. В. Принципы выделения и типизации отдельных стадий озерного осадконакопления / Б. В. Курзо, Н. Ю. Мурашко // Природопользование: сб. науч. тр./ Ин-т пробл. использования природ. ресурсов и экологии НАН Беларуси; под ред. И. И. Лиштвана, В. Ф. Логинова. — Минск: ОКЖИ и ОП ИГН НАН Б, 1999. — Вып. 5. — С. 65–69.
8. Курзо, Б. В. Критерии выделения сапропелевых месторождений при разработке комплексной схемы Белорусского Поозерья / Б. В. Курзо, И. С. Бракович, С. В. Богданов // Тез. докл. Респ. науч. конф. «Экологическое и социально-экономическое обоснование региональных схем рационального природопользования». — Минск, 1993. — С.45–46.
9. Курзо, Б. В. Критерии выбора озерных месторождений сапропелей для промышленного освоения / Б. В. Курзо, Ю. Л. Бурак // Тез. докл. I науч.-практ. конф. «Проблемы охраны геологической среды». — Минск, 1995. — С. 118–119.
10. Ласточкин, А. Н. Морфометрические исследования в геоморфологии. II. Исследования морфологических особенностей земной поверхности / А. Н. Ласточкин // Вестн. ЛГУ. — 1988. — Сер. 7, вып. 1. — С. 37–50.
11. Курзо, Б. В. Технология разработки торфа и сапропеля канатным скреперованием / Б. В. Курзо, О. М. Гайдукевич // Природопользование: сб. науч. тр./ Ин-т пробл. использования природ. ресурсов и экологии НАН Беларуси; под ред. И. И. Лиштвана, В. Ф. Логинова. — Минск: ОДО «Тонпик», 2006. — Вып. 12. — С. 103–107.