

УДК 553.973:622.02: 622.271.6

**А.В. Согин, С.М. Штин**

## **ДОБЫЧА САПРОПЕЛЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЗЕМСНАРЯДОВ**

*Рассмотрены геомеханические свойства сапропелей, влияющие на их добываемость гидромеханизированным способом. Представлена информация о практике добычи и использования сапропелевых отложений.*

*Ключевые слова: гидромеханизация, сапропели, прочностные характеристики, пульпа, удобрения, очистка водоемов.*

---

**В** практике земледелия и растениеводства имеется неоспоримый положительный опыт применения сапропеля в качестве органического удобрения, так как по своим качественным показателям основная часть запасов сапропеля удовлетворяет требованиям технических условий «Сапропелевых удобрений» – ТУ 2191-022-00483470-93.

Содержание органического вещества в сапропеле составляет 15–60 % в пересчете на сухое вещество, общего азота до 3,5 %, фосфора до 1 %, калия до 0,5 %, карбонатов до 25 % и более. В сапропеле имеются все необходимые для растений микроэлементы, а экономический эффект от применения сапропелевых удобрений зависит от характера почв, норм внесения и видов сельскохозяйственных культур.

В плановой социалистической экономике существовала государственная программа по добычи сапропеля и использованию его в качестве местных органических удобрений. Горьковский сельскохозяйственный институт и научно-производственный кооператив при институте участвовал в выполнении этой программы (руководитель Согин А.В.).

В рыночных условиях такой федеральной программы нет, хотя это яв-

ляется насущей государственной задачей по освоению сапропелевых залежей, при этом следует отметить, разведанные запасы сапропелей на территории РФ составляют 225 млрд куб. м. Ежегодный прирост сапропелевых отложений в водоемах Российской Федерации составляет не менее 1 млн куб. м.

Сапропелевые отложения заиливают водоемы, а мелкие водоемы быстро зарастают растениями, загрязняются и становятся непригодными для использования, что приводит к их отмиранию.

В ряде регионов на территории России из-за скопления в водоемах огромного количества сапропелевых отложений существует реальная угроза ухудшения экологической и санитарно-эпидемиологической обстановки, возникновению чрезвычайных ситуаций. Так например в Ростове Великом на озере Неро слой воды не превышает 1,2–1,5 м, тогда как ила – десятки метров. В ветреную погоду происходит перемешивание воды с илом и чистой воды в озерной чаше практически не остается.

В таких условиях добыча сапропеля напрямую связана с очисткой водоемов и обе эти проблемы очень важны для удовлетворения возникшей

общественной потребности. Из практики выполнения работ по добыче сапропеля наибольшее распространение получил гидромеханизированный способ разработки сапропелевых отложений.

При добычи сапропеля донные отложения подвергаются различного рода воздействиям: размыву, рыхлению в результате чего происходит отрыв частиц от залежи.

Наиболее важными показателями с точки зрения разработки являются прочностные характеристики залежи, так как они регламентируют работу грунтозаборных устройств и влияют на выбор технологии разработки и конструктивных параметров рабочих органов.

Состав сапропелевых отложений характеризуется в первую очередь содержанием органического вещества, а состояние – водонасыщенностью и влажностью.

Так при разработке залежей в озере Глуховское Шатковского района Нижегородской области верхние слои состояли из воды, толщей 30–40 см, нижележащие из текучей водонасыщенной сапропелевой консистенции с толщей 0,7 м, а нижние из вязкой и пластичной среды. Многолетний опыт добычи сапропеля и исследования сапропелевых залежей организацией «Сапропель» позволяют представить условную классификацию сред и свойств сапропелевых отложений (рис. 1).

Изменение влажности приводит к изменению прочностных характеристик в пластах. Известно, что влажность сапропеля зависит от природно-геологического характера водоема, его типа и соответственно от соотношения органических и минеральных частей конкретного водоема. С ростом минеральной составляющей



**Рис. 1. Условная классификация сред в водоеме с сапропелевыми отложениями**

снижается влагосодержание, увеличивается удельный вес и пластическая прочность. Эти изменения характерны для всех видов сапропелей.

Минеральная составляющая определяется зольностью сапропеля основными компонентами которой являются окиси кремния, магния, железа, алюминия, натрия и кальция. Больше всего в золе содержится кремния. В кремнеземистых сапропелях кремния может составлять 60–89 %, а в сапропелях карбонатного типа основу минеральной части составляют карбонаты кальция, которых может содержаться до 50 %. Исследованиями установлено, что механический состав играет важную роль в формировании пространственной структуры сапропеля и определяет его структурную связь и реологические свойства. Механический состав характеризует степень измельчения твердой составляющей его скелета и представляет собой дисперсность сапропеля.

Дисперсность определяет площадь контакта твердой фазы с заполняющими ее поры жидкой и газообразной фазами. Анализ дисперсного состава сапропелей показал наибольшее содержание в нем минеральных фракций размером от 0,05 до 0,01 мм и менее. Фракции от 1 до 0,01 мм содержат неразложившиеся органические отложения и физический песок, а менее 0,01 мм содержат органические соединения и глину.

Из практики выполнения работ известно, что верхние слои сапропелевой залежи водонасыщенные и мало-связанные, поэтому они могут разрабатываться свободным всасыванием без механического рыхления.

При их разработке всасывающий наконечник грунтозаборного устройства погружается в разрабатываемый слой сапропеля, а поток воды, фильтрующий из разрабатываемого массива, способствует отрыву частиц сапропеля и поступлению их во всасывающую трубу. На интенсивность всасывания влияет расход жидкости, который определяется скоростью ее движения в зоне всасывания, площадью и формой всасывающего наконечника:

$$V_{\text{вс}} = \sqrt{2g \left( P + \frac{P_{\text{вак}}}{\rho_0 g} \right)},$$

где  $P_{\text{вак}}$  – вакуумметрическое давление на всасывании (Па);  $H$  – глубина погружения наконечника под свободную поверхность (м);  $\rho_0$  – плотность пульпы (т/м<sup>3</sup>).

На основании экспериментальных данных получена оптимальная скорость всасывания пульпы 1,5 – 2 м/с.

Наилучшей является эллиптическая форма всасывающего наконечника, где площадью зева грунтозабора определяется уравнением расхода:

$$F = \frac{Q_n}{3600 V_{\text{вс}}},$$

где  $Q_n$  – производительность земснаряда по пульпе (м<sup>3</sup>/час).

Разработка нижних, более уплотненных слоев требует применения грунтозаборных устройств с различными типами рыхлителей.

В практике механизации земляных работ широкое применение получили механические рыхлители закрытого и

открытого типа: фрезерные, скребковые роторные, черпаковые.

При использовании механических рыхлителей определяющим критерием в процессе разработки являются прочностные характеристики сапропелевой залежи и в частности связность грунта и сопротивление сдвигу  $\tau$ .

Связность грунтов  $C_w$ , согласно теории механики грунтов, определяет взаимную связь частиц грунта и воды. Каждая частица ила обволакивается водной пленкой и возможность непосредственного контакта между минеральными частицами ослабевает или исключается совсем.

Увеличение влажности сапропелей сопровождается утолщением водных оболочек на частицах, что приводит к увеличению пористости и, как следствие, к ослаблению проявления межмолекулярных сил и, следовательно к связности грунта.

В работе Аморяна А.С. [1] предложена корреляционная зависимость связности  $C_w$  от пористости  $e$ :

$$C_w = m_2 \left( 0,313 - 0,329 \frac{e}{1+e} \right),$$

где  $e$  – коэффициент пористости,  $m_2$  – 0,2 МПа – коэффициент пропорциональности.

Так как  $\frac{e}{1+e} = n$  – пористость грунта, то  $C_w = m_2 (0,313 - 0,329n)$ .

Удельное сопротивление сдвигу  $\tau$  с его аналитической и физической интерпретациями представлено С.С. Руденским в работе [2].

$$\tau = S_{mp} + S_w,$$

где  $S_{mp}$  – сила внутреннего трения,  $S_w$  – связность грунта.

Сила внутреннего трения выражается через угол внутреннего трения при определенной влажности –  $\varphi_w$ .

$$S_{mp} = Ptg\varphi_w, \text{ Н/м}^2,$$

где  $P$  – действующее в массиве по данной площадке нормальное напряжение ( $\text{Н/м}^2$ ).

При экспериментальном исследовании сапропелей Л.С. Аморян [1], установил корреляционные зависимости угла внутреннего трения от влажности:

$$\varphi_{wmin} = 20 - 20 \frac{w}{100 + w};$$

$$\varphi_{wmax} = 45 - 45 \frac{w}{100 + w}.$$

Следует отметить, что нормальные напряжения  $P$ , возникающие в толще сапропелевой залежи в результате давления вышележащих слоев, приводит к снижению влажности илистых грунтов, повышению их плотности, а, следовательно, к увеличению сопротивляемости сдвигу за счет возрастания  $\varphi_w$ ,  $C_w$ , поэтому нижние слои с вязкой и пластичной структурной составляющей необходимо разрабатывать с помощью механических рыхлителей – фрез. В Горьковском сельскохозяйственном институте с 1985



**Рис. 2.** Заросший водоем с сапропелевыми отложениями озеро Глуховское Шатковского района Нижегородской области

года начали создаваться земснаряды с фрезерными рыхлителями, а с 1986 года началась практическая добыча сапропеля [3], [4].

Водный объект – оз. Глуховское в с. Красный Бор Шатковского района Нижегородской области представлял собой водоем с плавающей и проросшей растительностью (рис. 2). Максимальная мощность сапропелевого слоя составляла 6,5 м, минимальная 3,0 м. Водный слой составлял 0,3–0,7 м. Общие запасы сапропеля под заркалом воды составляли 235 тыс.  $\text{м}^3$ . Водоем был непригоден для хозяйственных нужд и отдыха из-за его зарастания и мелководья.

В течение 3-х лет выполнялись работы по добычи сапропеля. На рис. 3. показан первый экземпляр собранного земснаряда. Разработанная земснарядом сапропелевая гидромасса по плавучему и береговому пульпопроводам направлялась в отстойники (рис. 4).

Отстойники представляли собой участок земли, ограниченный продольными и поперечными земляными валами (дамбами), образующие карты (чеки) (рис. 5).

Размеры карт составляли  $200 \times 100 \times 2$  м, каждая карта имела два выпускных трубопровода и два колодца для сброса осветленной воды, количество карт – четыре.

Намыв сапропеля велся послойным способом, толщина одновременно намытого слоя составляла 20 см с периодичностью 5–7 суток. Такие условия необходимы были для более плотной и равномерной укладки сапропеля. При достижении в отстойнике слоя 80–90 см намыв в от-

стойник прекращался и происходило естественное обезвоживание сапропелевой массы (рис. 6). К концу летнего периода верхний слой сапропеля в отстойниках подсыхал и нижний оставался в пастообразном виде. За зимний период происходило промораживание сапропеля, а в весенне-летний период сапропель вывозился на поля. Сапропель вносился в основном под картофель и был получен прирост урожайности картофеля до 20 %.

В результате такой работы за первый сезон было намыто 50 тыс. м<sup>3</sup> сапропеля, а в последующие по 70 тыс. в сезон.

Проведенные работы по добычи сапропеля позволили очистить озеро от грязевых сапропелевых залежей и водоем стал использоваться в хозяйственном обороте для полива сельскохозяйственных культур. Кроме этого он превратился в культурный водоем для отдыхающих.

В результате выемки сапропеля из озера увеличилась емкость озера, что привело к накоплению водных ресурсов. Добыча сапропеля позволила увеличить глубину озера, вскрыть родники, что увеличило приток чистой воды.

В сложившихся рыночных отношениях из-за отсутствия финансирования эти работы были повсеместно прекращены. В настоящее



**Рис. 3. Земснаряд для добычи сапропеля и очистки водоемов**



**Рис. 4. Процесс намыва сапропеля**



**Рис. 5. Отстойники, заполненные сапропелем**

## Технические характеристики земснарядов, изготавливаемых в ООО «Сапрпель»



**«Нижегородец-1»**

*Технические характеристики*

Производительность по грунту, м. куб/ч	40
Установленная мощность, кВт	75
Максимальная глубина разработки грунта, м	8
Дальность транспортирования, м	300
Габаритные размеры корпуса, м	
- длина	6,6
- ширина	2,41
- высота	2,9
Масса машины, т	7,5
Осадка в рабочем состоянии, м	0,55
Обслуживающий персонал, чел.	2
Пulpа транспортируется плавучим и береговым пульпопроводами.	



**«Нижегородец-2»**

*Техническая характеристика*

Производительность по грунту, м. куб/ч	80
Установленная мощность, кВт	250
Максимальная глубина разработки грунта, м	11
Дальность транспортирования, м	800
Габаритные размеры корпуса, м	
- длина	10,0
- ширина	5,1
- высота	4,0
Масса машины, т	14
Обслуживающий персонал, чел.	2



**«ЗРС-М»**

*Технические характеристики*

Производительность по грунту, м. куб/ч	160
Установленная мощность, кВт	370
Максимальная глубина разработки грунта, м	16
Габаритные размеры корпуса, м	
- длина	10,4
- ширина	5,2
- высота	4,2
- длина бокового понтона, м	12,0
Масса машины, т	20
Осадка в рабочем состоянии, м	0,6
Обслуживающий персонал, чел.	3

время ООО «Сапрпель» г. Нижний Новгород имеет в своем активе земснаряды различной производительности (см. технические характеристики) и может осуществлять более масштабную работу по добыче сапрпеля.

Так при выполнении работ по добыче сапрпеля с мощностью залежи 6 м указанные земснаряды за один сезон способны разработать следующие объемы добычи:

1. «Нижегородец-1» с грунтовым насосом ГРАУ 400/20 – 160 000 м<sup>3</sup>/сезон;

2. «Нижегородец-2» с грунтовым насосом ГРАУ 800/40 – 280 000 м<sup>3</sup>/сезон;

3. «ЗРС-М» с грунтовым насосом ГРАУ 1600/25 – 320 000 м<sup>3</sup>/сезон.

Однако для начала работ по добыче сапрпеля должна быть государственная финансовая поддержка, тем более что такие работы решают несколько наиважнейших задач в масштабе не только региона, но и всей страны:

- сельскохозяйственное производство получит экологически чистые сапрпелевые удобрения;



**Рис. 6. Обезвоживание сапропеля в отстойниках**

- очищаются водоемы;

- происходит накопление водных ресурсов;
- улучшается экологическая обстановка на водных объектах, чистая вода улучшает физическое и моральное здоровье нации;
- повышается привлекательность отдыхающих к чистым водоемам, возле которых происходит строительство домов, коттеджей, зон отдыха.

Исходя из этого необходима целевая комплексная программа по добыче сапропеля и очистки водоемов с финансированием из федерального бюджета.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аморян Л.С.* Свойства слабых грунтов и методы их изучения. – М.: Недра, 1990 – 200 с.

2. *Руденский С.С.* Обоснование природосберегающих технологий разработки сапропелевых месторождений: Диссертация на соискателя ученой степени кандидата технических наук. – Санкт-Петербург Государственный горный институт им Г.В.Плеханова, 1993 – 241 с.

3. *Усовершенствование* и разработка технологий и машин для добычи сапропеля и очистки водоемов от иловых отложений.

№ гос. регистрации 01860098915. Горьковский сельскохозяйственный институт. Кафедра «технологии металлов». Заключительный отчет о научно-исследовательской работе, 1990 г. руководитель Согин А.В.

4. *Согин А.В.* Функционально-структурный подход к разработке машин для добычи сапропеля. Сборник научных трудов // Совершенствование эксплуатационных качеств тракторов и автомобилей и использование машинно-тракторного парка. Горьковский сельскохозяйственный институт. Горький, 1986, с 48–59. **ГИАБ**

---

#### Коротко об авторах

*Согин А.В.* – доцент, кандидат технических наук, директор ООО «Сапропель», г. Нижний Новгород

*Штин С.М. Штин С.М.* – кандидат технических наук, технический директор ООО «НПО Гольфстрим»,  
shtin@golfstrim.org; sershtin@eandex.ru

