

УДК 911.62

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2021-1-25-34>

САПРОПЕЛИ ВЕРХНЕВОЛЖСКО-СЕЛИГЕРСКОГО ЛАНДШАФТНО-ЛИМНОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНА ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Цыганов

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

В Верхневолжско-Селигерском ландшафтно-лимнологическом районе преобладают сапропелевые отложения биогенного и смешанного типа. На плёсах Селигера встречаются кремнеземистые среднезольные и высокозольные минерально-органические и органо-минеральные илы. В небольших и мелких озёрах района преобладают низкозольные кремнистые водорослевые сапропели. Сапропели кремнеземистого состава, содержат железа до 10 %, карбонатов – 1,5–3,0 %. Минерализация жидкой фазы составляет 1 г/л.

Ключевые слова: ландшафтно-лимнологический район, озёрные ресурсы, сапропели, использование сапропелей, состав сапропелей.

Сапропели – современные тонкоструктурные отложения преимущественно биогенного происхождения, образующиеся под водой, на дне пресноводных водоёмов из остатков организмов (планктонных, бентосных) и высшей водной растительности, в результате бактериальных процессов, происходящих в поверхностных слоях при малом доступе кислорода, и содержащее не менее 15 % органического вещества (ОВ).

Минеральная часть сапропелей содержит большое количество микроэлементов: Co, Mn, Cu, B, Br, Mo, V, Cr, Be, Ni, Ag, Sn, Pb, As, Ba, Sr, Ti.

Т а б л и ц а 1

Химический состав сапропелей Нечерноземного центра РФ [23]

Сапропели	Содержание, % на сухое вещество						Количество, мг/кг				
	ОВ	Зола	N	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Mn	Cu	Co	B	Zn
малозольные	79,5	19,0	3,4	2,5	0,5	0,14	215,5	12,7	5,3	10,7	16,6
среднезольные	59,6	38,2	2,6	2,3	0,7	0,18	262,2	14,1	7,5	7,6	12,6
высокозольные	36,6	63,4	1,9	2,7	1,5	0,19	344,8	14,1	8,0	7,3	19,0
известковистые	65,7	34,3	2,8	9,9	0,8	0,14	252,4	10,2	4,2	11,7	11,6

Органическая часть сапропелей содержит витамины группы В (В₁, В₁₂, В₃, В₆), Е, С, D, Р, каротиноиды, многие ферменты, например, каталазы, пероксидазы, редуктазамы, протеазамы.

© Цыганов А.А., 2021

Сапропель озёрный является ценным органо-минеральным видом сырья. Разнообразны направления его возможного промышленного использования: производство парафина и смол, гуминовых кислот, ароматических веществ, кормовых добавок, удобрений, вяжущих составов в строительной индустрии, при проведении буровых работ, лечебно-профилактических целях и т. д.

Разведанные сапропелевые запасы Тверской области сосредоточены в 738 озёрных месторождениях, общей площадью 289 тыс. га, с запасами 759 млн тонн, при 60 % условной влаге. В лицензионное пользование предоставлено 2 месторождения: «Жарки» (Жарковский район) и «Старковское» (Калининский район). В настоящее время разрабатывается месторождение «Жарки», с запасами сапропеля 497 тыс. тонн.

Лечебные грязи (пелоиды) – природные тонкодисперсные органо-минеральные образования (торфяные, иловые, сопочные и сапропелевые), обладающие высокой теплоёмкостью и замедленной теплоотдачей, а также содержащие биологически активные вещества (соли, газы, биостимуляторы и др.) и живые микроорганизмы. Из распространённых в России четырёх основных видов пелоидов на территории Тверской области представлены торфяные и сапропелевые. К сапропелевому типу отнесено месторождение озера Немега Бологовского района. Из 4-х разведанных месторождений извлечение лечебных грязей организовано на 3-х объектах. Широко использует пелоиды бальнеогрязевой курорт – санаторий «Кашин». Кроме этого, лечебные грязи довольно широко используются в больницах и поликлиниках Тверской и Московской области для лечения различных заболеваний.

В соответствии с действующей классификацией все природное разнообразие сапропелевых отложений делится на три типа, шесть классов и 19 видов [11]. Тип сапропеля определяется генезисом его образования: биогенный – отложение осадка происходит преимущественно за счёт отмирания растительных и животных организмов озера; кластогенный – осадок формируется при господствующей роли привноса терригенного материала и смешанный – когда наряду с биогенной массой в формировании осадка значительная роль принадлежит геохимическим процессам.

В зависимости от содержания кремнезема (SiO_2) и оксида кальция (CaO) сапропели подразделяют на:

- органические – с зольностью менее 30 %;
- кремнезёмистые – с содержанием кремнезема более 50 %;
- известковистые – с содержанием оксида кальция более 30 %;
- смешанные.

По зольности сапропели разделяют на [11, 23]:

- малозольные – с зольностью до 30 %;
- средnezольные – с зольностью 30–50 %;
- повышенной зольности до 70 %;
- высокозольные – с зольностью 70–85 %;
- илы – с зольностью свыше 85 %.

По местоположению в рельефе выделяются три геоморфологические группы сапропелевых отложений:

- сапропелевые отложения пойм – приурочены к пойменным озёрам, преимущественно эрозионно-речного происхождения. Это обычно маленькие озёра удлинённой и изогнутой формы (старицы реки). Сюда же относят и озёра пойменно-притеррасного залегания;

- сапропелевые отложения холмисто-моренного ландшафта – преимущественно приурочены к озёрам ледниково-аккумулятивного происхождения, которые остались после таяния ледника в многочисленных котловинах, понижениях и западинах моренного рельефа. В целом для сапропелевых отложений моренного ландшафта характерна повышенная минерализация за счёт интенсивного привноса материала с крутых склонов берегов, сложенных легко размываемыми суглинистыми породами. Холмисто-моренная равнина последнего Вадайского оледенения имеет значительное количество озёр (озёрность 2–3 %). Озёрные котловины располагаются в понижениях между моренными грядами и на склонах холмов, имея округлую или удлинённую форму. Большое значение в формировании сапропелевых отложений имеет фактор проточности озёр. По морфометрическим показателям в направлении от проточных к бессточным снижается общая площадь озёр и максимальная глубина котловины, увеличивается удельный водосбор. Образование сапропелевых отложений целиком и полностью связано и обусловлено характером водоёма, в котором они образуются, и представляет собой сложный процесс биохимического, химического, физического и геологического порядка, а их состав отличается большим разнообразием.

- сапропелевые отложения водно-ледникового ландшафта. Сапропелевые отложения высоких террас и зандровых равнин – образовались в древнепойменных и остаточных-ледниковых озёрах, которые располагались в основном среди древнеаллювиальных и флювиогляциальных (водно-ледниковых) песчаных отложений. Низкие песчаные берега озёр быстро зарастали и заторфовывались. Благодаря слабым уклонам поверхности и бедным песчаным почвам в озёра поступало мало биогенных элементов и кластического материала.

Здесь преобладают супесчаные, песчаные и суглинистые отложения, на озёрах – сапропелевые. Грунтовые воды в долинах рек залегают на глубине до 5 м, по склонам холмов – до 10 м. В процессе этой деятельности формируются саморазвивающиеся экосистемы в виде озёрных бассейнов. В условиях образования речных долин с различными

формами рельефа происходит формирование замкнутых отрицательных форм, закономерно расположенных в структурных элементах речных долин (водораздел, склон, надпойменная терраса, пойма), которые впоследствии являются очагами формирования озёрных месторождений сапропеля.

Наиболее перспективной в целях использования озёрных ресурсов Тверской области является Валдайская ландшафтно-лимнологическая провинция, наименее освоенная в хозяйственном отношении.

В пределах Валдайской провинции насчитывается 1 260 озёр с площадью более 1 га [16], занимающих 1039,66 км², озёрность территории – 3,52 %.

Т а б л и ц а 2

Оценка сапропелей разведанных месторождений Верхневолжско-Селигерского ландшафтно-лимнологического района

№	Водоём	S, км ²	h, воды м	Разновидность сапропеля	Зольность, %	Мощность, наибольшая /средняя, м	Запасы, тыс. м ³
1	Вясецкий плёс	12,7	2-5	кремнеземистый среднезольный	57-66	5,0/4,7	60000
2	Оз. Величко	1,5	2,3	кремнеземистый средне и высокозольные	42-84	5,2/4,7	7200
3	Оз. Емша	2,5	до 5	кремнеземистый высокозольные	67-84	5,5/4,0	9900
4	Селижарский плёс	13,0	3,7	кремнеземистый высокозольные	>60	6/-	-
5	Осташковский плёс	65,8	8,5	кремнеземистый высокозольные	>60	5/-	-
6	оз. Долгое	0,2	н. с.	Кремнеземистый низко- и среднезольные	5-38	18/-	5000
7	оз. Долгое (Карасье)	0,02	до 3,8	водорослевые низкозольные	н. с.	-/3	5000
8	Оз. Серемо Ламское	3,64	2-4	водорослевые низкозольные и среднезольные	45-52	6,0/2,3	8280
9	Оз. Глубокое	1,89	2-5	водорослевые средне и высокозольные	51-75	6,0/2,0	7280
10	Оз. Войское Березовское	2,36	1,5-2,7	водорослевые высокозольные	66-78	5,0/3,0	6000
11	Оз. Глубокое Ламское	6,77	3-7,6	низко и среднезольные	н. с.	-/4,0	20000
12	Оз. Сабро	12,9	2-6	н. с.	н. с.	-/4,0	30000
13	Оз. Сиг	0,0	3-17	н. с.	н. с.	-/3,0	60000

14	Оз. Залецкое	1,0	1,0-2,2	н. с.	н. с.	-/3,0	3000
15	Оз. Серемо	14.62	до 3	н. с.	н. с.	-/2,0	39220
Итого разведанных							260880

Примечание: н. с. – нет сведений

Именно здесь заключены основные озёрные ресурсы Тверской области – 3 960,9 млн. м³ воды и 1 181,1 млн м³ сапропелей.

В пределах провинции выделяется 8 ландшафтно-лимнологических района. Крупнейший Верхневолжско-Селигерский район содержит 55,82 % (2 211,04 млн м³) всех водных ресурсов провинции и 50,66 % (1104,98 млн м³) сапропелей. Особое место в районе занимает система озер Селигера [15–22]. Здесь преобладают сапропелевые отложения холмисто-моренного ландшафта биогенного и смешанного типа. На плёсах Селигера встречаются кремнеземистые среднезольные и высокозольные минерально-органические и органо-минеральные илы (табл. 2). В небольших и мелких озёрах системы Селигера преобладают низкзольные водорослевые кремнистые сапропели. В минеральной части преобладает кварц, аморфный детрит, из биогенных остатков – створки диатомей, спикулы губок, остатки кладоцер, нити зелёных и сине-зелёных водорослей. Зольность в поверхностном слое 10–50 %, в подножье – 80–90 %. Сапропели кремнеземистого состава, железа до 10 %, карбонатов – 1,5–3,0 %. Минерализация жидкой фазы - 1 г/л [1, 2, 4, 5, 8, 10, 13, 14].

Состав органической массы сапропеля в зависимости от месторождений составляет: гуминовые кислоты – 11,3–43,4%, фульвокислоты – 2,1–23,5%, негидролизующий остаток – 5,1–22,6%, гемицеллюлоза – 9,8–52,5%, целлюлоза – 0,4–6%, водорастворимые вещества – 2,4–13,5%, битумы А – 3,4–10,9%, битумы С – 2,1–6,6%, общий азот – 0,6–2,6%, фосфор – 0,14–0,19%. Содержание органического вещества – от 12 до 80 %, золы – от 19 до 88 % (в сухом веществе), в том числе до 20–30 % карбонатов кальция и магния.

Детальная разведка была проведена на двух участках болота «Самара» [3]. площадью 22 км² (заросший рукав Селигера). Общий запас месторождения Самара I – 1 548 650 м³, 9,0 % влажности или 155 тыс. т воздушно-сухого вещества.

Таблица 3

Состав сапропеля «Самара» [3], %

Абсолютно сухой образец	Органическая часть
С - 33,5	55,4
Н - 4,0	6,8
О - 22,2	37,8

На озере Селигер весьма перспективны для добычи сапропеля месторождения в заливах Ясецкий, Величко, Емшицкий, Селижаровский. В органической части сапропелей мало смолы, преобладают летучие вещества [1]. Содержание углерода в органической части сапропелей месторождения «Самара» - 55,4 % (табл. 3), содержание азота колеблется от 0,8 % до 3,6 % (максимум отмечен на глубине 3,5 м). Содержание азота в абсолютно сухом образце колеблется от 0,49 до 3,6 % (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Содержание азота в сапропелях месторождения «Самара» [3],
абсолютно сухой образец, %

Глубина взятия образца, м	Скв. 73	Скв. 104
0,5	1,68	-
1,0	1,76	1,55
1,5	2,22	0,49
2,0	0,8	1,57
2,5	-	1,68
3,0	-	2,5
3,5	3,6	1,78

При перегонке самарских сапропелей можно получить смолы от 14 до 26 %, полукокса 50,08 – 60,42 % [1, 8], полусмолённой воды от 66,12 до 17 %. Теплотворная способность сапропеля 2 930 калорий, теплотворная способность органической массы 5 320 калорий. Анализы Производственного геологического объединения по разведке торфа «Торфгеология» [11], сапропелей месторождения «Барский луг» (водопре́мники озёра Чянцы и Селигер) показал, среднюю влажность 84,59 %, объёмный вес 1,14 г/см³. Сопротивление сдвигу 1000 дин/см³. Засорённость -0,57 % (растительность, ракушки, песок). Органических веществ в отобранных образцах – 3,29 % (зольность 12,12%), в абсолютно сухом образце соответственно - 21 % (78,6 %).

Т а б л и ц а 5

Состав сапропелей месторождения Барский луг» [11],
абсолютно сухой образец, %

Показатель	Содержание в абсолютно сухом образце
SiO ₂	1,12
Al ₂ O ₃	8,58
Fe ₂ O ₃	4,19
MnO	0,35
CaO	1,75
SO ₃	0,64

Состав сапропелей: $Al_2O_3 > Fe_2O_3 > CaO > SiO_2 > SO_3 > MnO$, позволяет отнести сапропели к необычному для сапропелей Тверской области, железисто-алюминиевому виду. Состав органического вещества (%): битумы – 6,75, гуминовые вещества – 57,30, водорастворимые соединения – 2,06, гомоцеллюлоза – 15,27, целлюлоза – 7,35, лигнин – 11,27. Формула грязевого раствора $M_{0,6}SO_{464}HCO_329 / (Na + K)_{51}Ca_{24}Mg_{24}$, сульфатно-гидро-карбонатно-натриево-калиевые воды.

Из смолы самарских сапропелей в 30-е годы получали моторное топливо [8] и промышленные масла. Из самарских сапропелей можно получить большой выход твёрдых битумов пригодных для электроизоляции пластических масс, твёрдого плавкого парафина. При паровой перегонке выделяется газ (швельгаз) – как источник водорода для синтеза аммиака, для гидрирования жиров, масел, а так же для жидкой углекислоты, светильного и генераторного газа, уксусной кислоты, стеаринового кислото-метилового спирта, масла (газового, вазелинового, моторного, солярного, лампового, креозотового, парафинового), лака. Из них в 2 раза больше выход смолы, чем при перегонке сухого каширского сланца. Озеро Тележник имеет сходные сапропели [8].

С 1973 г. совхоз «Заозерный» Осташковского района до середины 80-х годов ежегодно вносил 10 тыс. м³ этих сапропелей на картофельные поля, с последующим внесением под сельскохозяйственные культуры. Действие сапропеля как удобрения не исчерпывается первым годом после внесения, а продолжается на второй и третий. В среднем, по данным опытов, 1 т сапропеля, используемая на удобрение, даёт прибавку в урожае лука – 84 кг, картофеля 95 кг, озимой пшеницы – 7 кг, озимой ржи – 7 кг, гороха – 80 кг. Наиболее эффективны повышенные дозы внесения чистого сапропеля – 120–140 т/га [12].

Т а б л и ц а 6

Химический состав испытуемых органических удобрений [5]

Удоб- рение	Влаж- ность, %	pH _{сол}	Содержание в абсолютно сухом веществе, %					C/N
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Зола	C орг. в-ва	
Сапро- пель орг.	55,1	5,7	2,4	0,17	0,15	36,4	63,6	20,4
Сапро- пель мин.	14,6	6,7	1,43	0,15	0,16	80,7	19,3	13,4
Навоз	80,7	7,7	2,5	1,2	2,3	15,4	38,3	22,5

В Тверской сельскохозяйственной академии (табл. 6), проведены опыты по применению сапропелей в зернотравяном звене севооборота [5]. Дозы сапропелей в чистом виде от 40 до 80 т/га, равно как и совместно с навозом позволили увеличить содержание С – органического вещества в дерново-подзолистой супесчаной почве на 0,12–0,52 %. Каждая тонна органического сапропеля позволила дополнительно сформировать в почве от 145 до 150 кг органического вещества, минерального сапропеля – 61–62 кг. Урожайность полевых культур в зернотравяном звене севооборота в течении 3-х лет со смесями сапропеля органического с навозом (20 и 40 т/га), достигала соответственно 37,8 и 49,8 ц/га зерновых единиц (Одна кормовая единица соответствует питательности 1 ц среднего сухого овса посевного (*Avena sativa*)).

Выводы. В Верхневолжско-Селигерском ландшафтно-лимнологическом районе в пределах холмисто-моренного ландшафта преобладают сапропелевые отложения биогенного и смешанного типа. На плёсах Селигера встречаются кремнеземистые среднезольные и высокозольные минерально-органические и органо-минеральные илы.

В небольших и мелких озёрах системы Селигера преобладают низкзольные кремнистые водорослевые сапропели. Сапропели кремнеземистого состава, содержат железа до 10 %, карбонатов – 1,5–3,0 %. Минерализация жидкой фазы 1 г/л.

Список литературы

1. Брюшков А.А. О сухой перегонке сапропеля в Осташковском районе / Нефтяное и сланцевое хозяйство, 1921, № 9–12, сент. – декаб. С. 189–191.
2. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области. Тверь: Министерство природных ресурсов и экологии Тверской области. 176 с.
3. Губкин И.М. Разработка сапропеля на болоте Самара Осташковского уезда Тверской губернии. Сообщение о научно-технических работах в республике, 1920, янв-февр. НТУ ВСНХ, 1920.
4. Губкин И.М. Горючие сланцы и сапропель (озёрный и болотный ил гниения) // Два года диктатуры пролетариата. 1917–1919, ВСНХ, 1920. С. 78–89.
5. Дроздов И.А. Влияние сапропеля на продуктивность зернотравяного звена севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд сельск. наук. Тверь: «АросферА», 2009. 31 с.
6. Завидонова А.Г. Сапропели Западной области. Текст отчёта. М.: Торфогеология, 1934. 5 с.
7. Косов В.И., Иванов Ю.Л., Медведев М.Г. Сапропель озера Селигер и

- пути его рационального использования // Научные проблемы устойчивого развития Тверской области. Тверь, 1997. С. 97–98.
8. Макаров Б.В. О химической природе масел из осташковского сапропеля / Изв. Сапроп. комитета, 1928, вып. 4. С. 125–142.
 9. Отчёт о комплексной курортологической оценке Селигерского курортного района Калининской области. М.: Гидрогеологическое управление «Геоминвод», 1983. Рукопись. 159 с.
 10. Панкратова В.Я., Стельмакова Е.А. Материалы по изучению баланса органических веществ в озёрах района опытной сапропелевой станции в Залучье // Тр. лаборат. генезиса сапропеля, Вып. 2, 1941. С. 17–22.
 11. Разработка основных положений классификации типов сапропелевых отложений. М. Мингеология РСФСР, Произв. Геол. объед. по разведке торфа «Торфгеология». Книга 1. Текст отчёта, 1980. 64 с.
 12. Рекомендации по использованию сапропелей на удобрение. М.: Мингео РСФСР, трест «Геолторфразведка, 1979. 57 с.
 13. Соловьёв М.М., Белоголовая Л.А. Основные типы озёрных и болотных сапропелевых отложений района озера Селигер // Тр. сапроп. ин-та. Т. 1. 1934. С. 12–23.
 14. Стальмакова Г.А. Характеристика донных отложений озёр Залучья // Тр. лаборат. генезиса сапропеля, Вып. 1, 1933. С. 34–41.
 15. ТУ 46-13-322-77. Сапропели для удобрения при добыче намывом в отстойники. М.: Минсельхоз, 1977. 24 с.
 16. Цыганов А.А. Ландшафтно-лимнологическое районирование Калининской области и мелиорация земель Цыганов А.А. Гидрохимическое состояние озера Селигер // Региональные геохимические исследования / Сб. научн. тр. Тверь: ТвГУ, 2005. С. 26–43.
 17. Цыганов А.А., А.Г. Жеренков А.Г. Система озера Селигер // Экологические и социальные проблемы Северо-Запада России и стран Балтийского региона: Мат. общественно-научной конф. с международным участием, 24-25 ноября 2011 г. Псков: Изд. ПсковГУ ООО «ЛОГОС Плюс», 2011. С. 82–83.
 18. Цыганов А.А., А.Г. Жеренков А.Г. Физическая география озёр системы Селигер // Экологические и социальные проблемы Северо-Запада России и стран Балтийского региона: Мат. общественно-научной конф. с международным участием, 24-25 ноября 2011 г. Псков: Изд. ПсковГУ ООО «ЛОГОС Плюс», 2011. С. 84–93.
 19. Цыганов А.А. Экологическое состояние островов озера Селигер. Монография. – Берлин: Lambert Academic Publishing, 2013. 141 с.
 20. Цыганов А.А. Экологическое состояние островов озера Селигер. Монография. 2-е изд. доп. и перераб. Тверь: ТвГУ, 2013. 84 с.

21. Цыганов А.А. Очерки по физической географии Селигера: Монография. 2-е изд. доп. и перераб. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2018. 226 с.
22. Цыганов А.А. Географический очерк Селигерского края: Монография. 3-е изд., доп. и перераб. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2019. 237 с.
23. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрехимия / Под ред. Б.А. Ягодина. М.: Колос, 2002. 584 с.

THE SAPROPELS OF THE UPPER VOLGA-SELIGER LANDSCAPE AND LIMNOLOGICAL AREA TVER REGION

A.A. Tsyganov

Tver state University, Tver

In the Upper Volga-Seliger landscape-limnological area, sapropel deposits of hilly-moraine landscape of biogenic and mixed type predominate. On the Seliger ples, siliceous medium-ash and high-ash mineral-organic and organo-mineral silts are found. In small and shallow lakes of the Seliger system, low-ash siliceous algae sapropels predominate. Sapropels of silica composition, iron up to 10 %, carbonates – 1,5–3,0 %. Salinity of the liquid phase is 1 g/l.

Keywords: *landscape and limnological area, lake resources, sapropels, the use of sapropel, the composition of sapropel.*

Об авторе:

ЦЫГАНОВ Анатолий Александрович – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и экологии ТвГУ, e-mail: Anatol_Tsyganov@mail.ru.