

УДК: 612.015

САПРОПЕЛИ – КЛАДОВАЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

**В.В. ПЛАТОНОВ, М.А. ЛАРИНА, М.Н. ГОРОХОВА, Л.И. БЕЛОЗЕРОВА,
К.В. ИЕРУСАЛИМСКИЙ**

Медицинский институт, Тульский государственный университет, ул. Болдина, 128, Тула, 300028, Россия

Аннотация. В статье обобщены литературные сведения, освещающие особенности химического состава биологического материала и направлений его биогеохимической трансформации, ответственных за формирование органической массы сапропелей. Особое внимание уделено выявлению соединений, определяющих физиологическую активность исходных сапропелей и различных препаратов на их основе.

Ключевые слова: сапропель, биологически активные соединения, водоросли, лигнин, микроэлементы, минерально-витаминные добавки.

SAPROPELS AS «PANTRY» OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS

V.V. PLATONOV, M.A. LARINA, M.N. GOROKHOVA, L.I. BELOZEROVA, K.V. IERUSALINSKY

Medical Institute, Tula State University, Boldin str., 128, Tula, 300028, Russia

Abstract. The paper summarizes the literature data on the chemical composition of the biological material and the directions of its biogeochemical transformations that are responsible for the formation of organic matter sapropel. Particular attention is paid to the identification of compounds that determine the physiological activity of raw sapropel and various drugs based on them.

Key words: sapropel, biologically active compounds, algae, lignin, minerals, mineral and vitamin supplements.

В составе *органической массы сапропелей* (ОМС) присутствуют *водорастворимые* (ВРВ), *легко- и трудногидролизуемые вещества* (ЛГВ, ТГВ), *гуминовые* (ГК), *гиматомелановые* (ГМК) и *фульвокислоты* (ФК), широкий набор аминокислот, сахаров, пептиды, полифосфаты, целлюлоза, лигнин, липиды, каротиноиды, ксантофиллы, спирты, кетоны, предельные, непредельные и ароматические кислоты, производные хлорофилла, алкалоидов, фосфолипиды, витамины, ферменты, антибиотики, стероидные соединения. Значительна доля микроэлементов: *Ni, V, Cu, Ti, Ga, Zr, Al, Fe, Co, Mo, W, Ge, La*, большинство из которых связаны в форме металлорганических комплексов [1-6].

Данный спектр соединений несомненно имеет тесную генетическую связь с исходным фито- и зоопланктоном, высшей растительностью участвовавших в формировании химического состава ОМС, присутствием в нем разнообразных биологически активных соединений, определивших широкое применение сапропелей и препаратов на их основе в сельском хозяйстве, животноводстве, птицеводстве, рыбодоводстве, ветеринарии, медицине и технике [7, 8].

Сапропель и препараты на его основе положительно влияют на нервную, эндокринную, сердечно-сосудистую системы, улучшают состояние опорно-двигательного аппарата, стимулируют процессы метаболизма в печени. Наличие в сапропеле антибиотиков и отсутствие патогенных микроорганизмов обеспечивает быстрое прекращение воспалительных процессов и хорошее излечение экзем, дерматитов, ожогов за счет усиления фагоцитарной активности лейкоцитов в крови, регенерации ткани; успешно лечатся различные флегмоны, маститы, фурункулезы, хронические гастриты, язвенные болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. В сочетании с электрофорезом, применение сапропелевых препаратов улучшает состояние больных придатками матки; выявлена высокая эффективность при лечении хронической воспалительной патологии суставов, шейного остеохондроза позвоночника с неврологическими проявлениями.

Изучено использование сапропелевых препаратов в ветеринарии: при лечении гнойного дерматита у поросят, трещин копытного рога у свиней, гнойно-некротического поражения пальцев у овец. При скармливании сапропеля вследствие повышения обмена веществ улучшается общее состояние животных, увеличивается содержание гемоглобина, эритроцитов, общего белка, неорганического фосфора, витаминов *A* и *C*, кислотной ёмкости, стимулируется усвоение органами и тканями макро- и микроэлементов, повышается прочность рогового чехла копытцев, восстанавливается паренхима печени, пораженной токсическим гепатитом.

Перспективно использование сапропелей в виде минерально-витаминных добавок в комбикорма и получение гранулированных комбикормов на основе травяной муки; сапропель выполняет связующую

роль и выступает как антиокислитель биологически ценных компонентов кормов. Огромна физиологическая и биологическая роль сапропелевых удобрений, снижающих поражаемость болезнями сельскохозяйственных культур, накопление нитратов; увеличивающих содержание крахмала, белка, сырого протеина, сахара; существенно повышающих урожайность; снижается избыточная кислотность почв, возрастает содержание подвижных форм фосфора и калия.

Приведенные выше сведения о вещественном составе и основных областях применения сапропелей указывают на актуальность проведения подробных комплексных исследований исходного биологического материала, определения основных путей его биогеохимической трансформации, отвечающих за формирование вещественного состава, особенно ОМС; выявление соединений в наибольшей степени ответственных за физиологическую активность сапропелей в целом и различных препаратов на их основе; разработка современных методов получения последних, их изучения с привлечением ИК-Фурье, УФ/ВИС, 1H и ^{13}C ЯМР-спектроскопии, тонкослойной и препаративной адсорбционной колоночной хроматографии, рентгено-флуоресцентного, лазерного атомно-абсорбционного анализов, хромато-масс-спектрометрии и других методов.

В целях научно-обоснованного выбора исходного сапропеля с получением на его основе биологически активных препаратов широкого спектра действия целесообразно особое внимание уделить исследованию химического состава нативных водорослей, условиям их биогеохимической трансформации, основным процессам, определяющим формирование ОМС.

В качественной оценке сапропелей, как кладовой биологически активных соединений, важную роль играет видовой состав сохранившихся в них остатков – водорослей, животных и высших растений.

В систематическом отношении водоросли – это основные сапропелеобразователи. В сапропелях идентифицированы остатки диатомовых, сине-зеленых, зеленых, золотистых, вольвоксовых, десмидиевых и протококковых эвгленовых и пиррофитовых водорослей [9].

Водные растения продуцируют около 7×10^3 т ОВ/год, то можно сделать вывод, что от 1/2 до 9/10 общего количества органического вещества и кислорода на земном шаре образуют водоросли. [10]

По международным правилам ботанической номенклатуры высшие таксоны водорослей следует называть «отделами». Сейчас насчитывается 11 таких отделов [11]:

1. Сине-зелёные водоросли (*Cyanophyta*)
2. Красные водоросли (*Rhodophyta*)
3. Криптофитовые (*Cryptophyta*)
4. Перидиниевые, или пиррофитовые водоросли (*Pyrrophyta*)
5. Диатомовые водоросли (*Bacillariophyta*)
6. Бурые водоросли (*Phacophyta*)
7. Золотистые водоросли (*Chrysophyta*)
8. Желто-зелёные водоросли (*Xanthophyta*)
9. Эвгленовые водоросли (*Eulenophyta*)
10. Зелёные водоросли (*Chlorophyta*)
11. Харовые водоросли (*Charophyta*)

Водоросли каждого из названных отделов заметно отличаются от представителей других или по строению клеток, или по особенностям размножения, или по обмену веществ, что проявляется в различном химическом составе как самих клеток водорослей, их пигментном составе, так и запасных веществ. Многоклеточные растения, относящиеся к бурым, красным, зелёным и харовым водорослям называют «макрофитами», остальные микроскопические растения – «микрофиты»; они составляют группу водорослей называемую «фитопланктоном»; в отличие от «фитобентоса».

Общее содержание углеводов достигает до 70%, т.е. столько же, сколько в красных и бурых водорослях (глюкоза, галактоза, фруктоза, ксилоза, рамноза).

Из дисахаридов – трегалоза, которая отмечена еще лишь у грибов и красных водорослей, сахароза, фруктозиды.

Количество азотсодержащих веществ довольно велико. Общее содержание азота до 6,5% сухого вещества; белка ~ 35%; зольность от 4,75 до 9,2% сух. вещества.

Белки состоят из обычных аминокислот, но характеризуются высоким содержанием аргинина и амидов; α, ϵ -диаминопимелиновая кислота, которая обнаружена также в некоторых бактериях и в зелёной водоросли *Chlorella ellipsoidea*, однако в других водорослях не обнаружена.

Нуклеиновые кислоты по своему качественному составу не отличаются от нуклеиновых кислот других организмов.

Содержание липидов варьирует в небольших пределах (от 2 до 12%). Жиры примерно на 60% из ненасыщенных жирных кислот; до 21% всех липидов составляла α -линоленовая кислота в виде галактолипидов; найдены и сульфоллипиды. Обращает внимание присутствие в *S. platensis* γ -линоленовой кислоты во фракциях моно- и дигалактозил-диглицеридов. Она ранее была обнаружена в некоторых животных, реснитчатых простейших и зоофлагеллятах, а также в грибах-фикомицетах.

По качественному составу жиров морские бактерии и водоросли различаются. У морских бактерий нет высоконенасыщенных жирных кислот, но имеются кислоты с разветвлённой цепью, которых нет у водорослей.

Хлорофилла в сине-зелёных водорослях нет.

1. *Сине-зелёные водоросли* – своеобразная группа растений.

Содержание углеводов в них достигает 70, белков 50, липидов 10, золы и других элементов 10-20%. Обнаружены: структурные полиозы – производное глюкозы-целлюлозы, производные моноз и уоновых кислот – пектиновые вещества; мукополимеры; запасные вещества дисахарид-трегалоза, производное глюкозы – крахмал сине-зелёных, фикобилин – цианофитин; билипротеины – С-фикоцианин, аллофикоцианин, С-фикоэритрин, В(С)-фикоэритрин, нуклеиновые кислоты – РНК ГЦ-типа, ДНК ГЦ-АТ-типа, хлорофилл «а», каротины – β-каротин, ε-каротин; ксантофиллы – миксоксантин, миксоксантофилл, эфенион, осциллоксантин, зеаксантин, флавацин, афаницин, афанизофилл, лютеин, неомыляемые вещества – стеролов нет.

2. *Красные водоросли*. Общее содержание углеводов достигает 70%, белков 20% (до 40%), липидов до 3%, золы и других веществ 20% сухого вещества. Содержат структурные полиозы - производные глюкозы – целлюлозу, сульфатированные производные галактозы, и её производных – агар, каррагинан, агароид, порфиран, фуцелларан, фунорин и т.п., производные ксилозы – ксилан; маннозы – маннан, глюкозамина и его ацетильного производного – хитин; резервные вещества – дисахариды трегалозу, сахарозу, сахарные спирты – дульцит, сорбит, маннит, волемит, ламинит (С-метилюзит), С-инозит, эстеры глицерина с галактозой и маннозой – флоридозид и маннозидоглицерат, производные глюкозы – флоридный крахмал; белки – R-фикоэритрин, В-фикоэритрин, В-фикоцианин, С-фикоцианин, аллофикоцианин, азотсодержащие вещества – серусодержащую аминокислоту – таурин, дипептид – карнозин, нуклеотид – 3,5 пиррофосфат-аденозин, неомыляемые липиды – фукостерол, ситостерол, холестерол; углеводород – генэйкозан; терпены – 1,8 цинеол, n-цимен, линалоол, гераниол; хлорофиллы – a,d; каротины – α и β-каротины – ксантофиллы – лютеин, неоксантин, зеаксантин, фукоксантин; серусодержащие летучие вещества – метанетиол; птериды – фолевую, фолиниевую, птероил – триглутаминовую кислоты, биоптерин.

3. *Криптофитовые водоросли*. Водоросли данного отдела считали жгутиковыми и относили к пиррофитам, однако они существенно отличаются от них набором пигментов. Данных о химическом составе представителей этого отдела и их обмене очень мало. Эта группа растений включает 1 порядок с 2 семействами. Криптофитовые водоросли содержат: структурные полиозы– производные глюкозы – целлюлозу; запасные вещества – производные глюкозы – крахмал; билипротеины – фикоцианин, фикоэритрин, С-фикоцианин; хлорофиллы – хлорофилл a,c; каротины – β-каротин, α-каротин, ε-каротин; ксантофиллы – зеаксантин, диатоксантин, лютеин, криптоксантин, аллоксантин, монадоксантин, крококсантин. У криптофитовых водорослей наблюдаются черты сходства как с красными и сине-зелёными водорослями, так и с группой водорослей, родственных золотистым водорослям.

4. *Пиррофитовые водоросли*: структурные полиозы – производные глюкозы – целлюлоза, производное моноз – пектиноподобный полисахарид в оболочках – кремнезём; запасные вещества – производные глюкозы – крахмал, ненасыщенные жиры – масло; хлорофиллы – a,c, каротины – β-каротин, α-каротин, ε-каротин; ксантофиллы – диадиноксантин, неодиноксантин, перидинин, неоперидинин, фукоксантин, пирроксантин; углеводороды – кадинол, крассин, стеролы – горгостерол;

Выделения – сокситоксин, диметилсульфид.

5. *Диатомовые водоросли* – широко распространены в природе, особенно в морях, где образуют колоссальные количества ОВ.

Содержание белков 20-30, липидов 5-20, углеводов 12-20, золы и других веществ до 20-60% сухого вещества. Содержат: структурные полиозы – производное глюкозы – глюкан; производное уоновых кислот – пектиноподобные вещества; производное ацетилглюкозамина – хитан (β-хитин); в оболочках – кремнезём, запасные вещества – производное глюкозы – глюкан типа хризол-аминарана, ненасыщенные жиры – масла, неомыляемые вещества – стеролы – фукостерол, хондриллостерол, ситостерол; углеводород – гентриаконтан; нуклеиновые кислоты – ДНК АТ-типа, хлорофиллы – a,c; каротины – β-каротин, ε-каротин, α-каротин; ксантофиллы – фукоксантин, неофукоксантин, диатоксантин, диадиноксантин, лютеин. Наибольшее сходство у диатомей наблюдается с золотистыми водорослями.

6. *Бурые водоросли* – распространены в основном в морях. Это многоклеточные, часто очень крупные и сложно расчленённые растения, образующие обширные заросли в прибрежных районах моря. Своим названием обязаны присутствующим в них бурому пигменту фукоксантину. Различные соотношения его с хлорофиллом и каротиноидами обуславливают различную окраску водорослей от оливково-зелёной до темно-бурой. Общее количество углеводов достигает 70, белков 5-15, липидов 1-3, золы и других веществ 20-35% сухого вещества.

Содержат: структурные полиозы – производное глюкозы – целлюлозу (альгулезу) и каллозу; производные маннуровой и гулуровой кислот – альгиновую и фуциновую кислоты, сульфатированное

производное фукозы – фукоиндан, аскофиллан, аминокислоты – серусодержащие хондрин, таурин, цистеинолеву кислоты; йодсодержащие моно- и дийодтирозин, дийодтиронин, тироксин; резервные вещества – сахарные спирты – маннит, с-метилюзит (ламинит) и их эстеры с глюкозой; производные глюкозы и маннита – ламинаран; нуклеиновые кислоты – ГЦ-типа; стеролы – фукостерол, саргастерол, пальвостерол; углеводороды – гентриоконтан, кадинол; терпены – α -пинен, α -лимонен, терпинолен, 1,8-цинеол, карвон, линалоол, гераниол; хлорофиллы – a, c ; каротины – β -каротин, α -каротин; ксантофиллы – фукоксантин, неофукоксантин, неоксантин, виолаксантин, флавоксантин, лютеин; птерины – птероилглутаминовую, формилптероевую, формилфолиниевую, фолиниевую и фолевую кислоты.

Имеются черты сходства у диатомей, перидиней, золотистых и желто-зеленых водорослей.

7. В *золотистых водорослях* имеются структурные вещества – производное моноз, пектиноподобный полисахарид; в оболочках – кремнезём; запасные вещества – производное глюкозы – хризоламиран, (лейкозин); ненасыщенные жиры – масла, неомыляемые вещества – фукостерол, эргостерол, пориферастерол, холестерол, стигмастерол; хлорофиллы – a, c ; каротины – β -каротин; ксантофиллы – лютеин, фукоксантин, неофукоксантин, диатиноксантин, диатоксантин, диноксантин, неодиноксантин.

Полиненасыщенные кислоты, в частности 5,8,11,14,17-эйкозопентаеновая, могут накапливаться в организме животных-фильтраторов, таких как устрицы, питающихся планктоном. [11]

Известно, что добавление солей Si вызывает значительно большее увеличение скорости фотосинтеза в обедненных питательных солями областях океана, чем добавление азотных фосфорных солей.

8. *Желто-зеленые водоросли* – содержание углеводов ~30, липидов ~10% сухого вещества. В их состав входят структурные полиозы – производное глюкозы – целлюлоза, сульфатированное производное моноз – сульфатированный пектиноподобный полисахарид, производное ацетилглюкозамина – хитин, в оболочках кремнезём; запасные вещества – сахарный спирт – маннит, производное глюкозы – глюкан типа лихенина, ненасыщенные жиры – масла; стеролы – ситостерол; хлорофиллы – a, e, c ; каротины – β -каротин, α -каротин, ϵ -каротин; ксантофиллы – флавоксантин, виолаксантин, неоксантин, флавацин, лютеин.

9. *Эвгленовые водоросли* – представляют собой небольшую группу водорослей, включающую один порядок с тремя семействами.

Общий белок 78,8% органического вещества; почти половина белка состоит из гистидина, аланина, лейцина и изолейцина. Содержат запасные вещества – производное глюкозы – парамилон, ненасыщенные жиры – масла; нуклеиновые кислоты – РНК ГЦ-типа, ДНК ГЦ- АТ-типа; хлорофиллы a, b ; каротины – β -каротин, α -каротин, ϵ -каротин; ксантофиллы – зеаксантин, виолаксантин, флавоксантин, неоксантин, астаксантин, троллеин, миксоксантин, лютеин; стеролы – эргостерол.

10. *Зелёные водоросли* содержат: структурные полиозы – производное глюкозы – целлюлозу; производное ксилозы – ксилан, производное маннозы – маннан, производное фруктозы – глюкофруктозан, сульфатированное производное моноз и уроновых кислот – пектиноподобные гемицеллюлозы; производное – глюкозамина – хитин; резервные вещества – дисахарид – сахарозу, производные глюкозы – крахмал, нуклеиновые кислоты – РНК ГЦ-типа, ДНК ГЦ- АТ-типа; ненасыщенные жиры – масла; стеролы – ситостерол, фукостерол, эргостерол, хондрилластерол, зимостерол; углеводороды – генейкозан, пентакозан, гептакозан; терпены – терпинолен, 1,8-цинеол, n -цимен, линалоол, гераниол, пинен, лимонен, карвон; хлорофиллы – a, b ; каротины – β, α, γ , ликопин; ксантофиллы – лютеин, виолаксантин, зеаксантин, неоксантин, астаксантин, астацин, тараксантин, антраксантин, ауроксантин, троллеин, мутатоксантин, лютеоксантин, флавоксантин, сифонеин, сифоноксантин, гематоксантин, серусодержащие летучие вещества – $(CH_3)_2S$; птерины – конъюгированные – фолевую кислоту; неконъюгированные – биоптерин, аукусины – индолуксусную кислоту.

11. *Харовые водоросли* содержат: структурные полиозы – производное глюкозы – целлюлозу; производное моноз и уроновых кислот – пектиновые вещества; резервные вещества – дисахарид сахарозу; производное глюкозы – крахмал; ненасыщенные жиры – масла; нуклеиновые кислоты – ДНК АТ-типа, РНК ГЦ-типа; стеролы – ситостерол, фукостерол; хлорофиллы a, b ; каротины – β, γ , ликопин; ксантофиллы – лютеин, зеаксантин, виолаксантин, неоксантин.

Анализ данных по химическому составу сине-зелёных, красных, криптофитовых, пиррофитовых, диатомовых, бурых, золотистых, желто-зелёных, зелёных и харовых водорослей позволяет сделать вывод на наличие существенных отличий в их составе: структуре и количественном содержании различных групп соединений, особенно ответственных за уровень физиологической активности. Так, например, сине-зелёные водоросли характеризуются отсутствием стеролов; красные – низким содержанием липидов (до 3 мас.% на сухое вещество), но высоким белков (до 40%), углеводов (до 70%); значительное количество терпенов (1,8-цинеол, n -цимен, линалоол, гераниол), ксантофиллов – лютеин, неоксантин, зеаксантин, фукоксантин; сульфатированных производных галактозы; из неомыляемых липидов отмечено присутствие фукостерола, ситостерола, холестерола.

Для зелёных водорослей отмечено отличие в структуре терпенов – терпинолен, 1,8-цинеол, n -цимен, линалоол, гераниол, пинен, лимонен, карвон; ксантофиллов – лютеин, виолаксантин, зеаксантин,

неоксантин, атаксантин, астацин, тараксантин, антераксантин, ауроксантин, троллеин, мутатоксантин, лютеоксантин, флавоксантин, сифонсин, сифоноксантин, гематоксантин; присутствуют ауксины, например, индолуксусная кислота.

Отмечены отличия в структуре хлорофиллов, каротиноидов, углеводов; большое сходство химического состава диатомовых водорослей с золотистыми.

Бурые водоросли характеризуются высоким содержанием углеводов (до 70%), низким – белков (5-15) и липидов (1-3) мас.% на сухое вещество, что также отмечено для диатомовых, перидиновых, золотистых и желто-зелёных водорослей.

Для золотистых водорослей характерно значительное содержание полиненасыщенных карбоновых кислот, в частности 5,8,11,14,17-эйкозопентаеновой кислоты, способных накапливаться в организме животных – фильтратов, таких, как устрицы, питающихся фитопланктоном. Присутствие нуклеиновых кислот типа – РНК ГЦ, ДНК ГЦ-АТ отмечено для всех рассмотренных водорослей. Все водоросли являются кладовой широкого спектра физиологически активных веществ.

В белках всех водорослей имеется набор 20 обычных кислот, хотя отмечены среди них различия, например, у бурых водорослей – бром и йодаминокислоты, у диатомовых – оксипролин. Достаточно специфичным признаком представляется наличие определенных индивидуальных белков у водорослей разных типов, например, билипротеинов у красных, сине-зелёных и криптофитовых водорослей. Существенным представляется присутствие или отсутствие белков отдельных классов, так у прокариотных сине-зелёных, эукариотных, перидиной отсутствуют такие белки, как гистоны. Существует тесная связь С-фиксационных из красных, сине-зелёных и криптофитовых водорослей, а также с аллофиксационом.

Сине-зелёные, красные и бурые водоросли почти не содержат моносахаридов в свободном виде. У водорослей остальных отделов они обнаруживаются в заметных количествах. Характерным для некоторых водорослей является наличие в свободном виде сахарных спиртов. Так, у бурых и, возможно, желто-зелёных водорослей встречается маннит, причем у бурых водорослей до 25% сухого вещества, что является признаком – маннит играет роль запасного вещества. У бурых и красных водорослей встречается также С-инозит и его метильное производное. Среди водорослей всех отделов по разнообразию и количеству сахарных спиртов выделяются красные. Кроме маннита и инозита, они содержат целый набор других спиртов, как шести-, так и семиатомных (дульцит, сорбит, волемит и др.). Инозит найден у зелёных и эвгленовых водорослей. Из дисахаридов у представителей красных и сине-зелёных водорослей, а также эвгленовых обнаружена трегалоза (1,1- α -D-гликозил-D-глюкоза); данный дисахарид найден лишь в грибах. В зелёных и харовых водорослях встречается сахароза (1,2- α -глюкозидо- β -фруктозид), которая отсутствует у водорослей большинства других отделов.

Пигменты водорослей изучены относительно полно. Среди них несомненно важнейшим является хлорофилл «а», являющийся обязательным компонентом подавляющего большинства фотосинтезирующих организмов. Кроме хлорофилла «а» водоросли разных отделов содержат и другие, в частности красные водоросли – хлорофилл «d», эвгленовые, зелёные и харовые – хлорофилл «b», желто-зелёные – хлорофилл «e». У бурых, золотистых, диатомовых, пиррофитовых и криптофитовых водорослей отмечен хлорофилл «c». У всех водорослей отмечен β -каротин, который как и хлорофилл «d», необходим для нормальной работы фотосинтетического аппарата. У некоторых отделов водорослей встречаются другие каротины. Так, у красных, зелёных, эвгленовых и криптофитовых водорослей имеется α -каротин, у зелёных и харовых – γ -каротин, у сине-зелёных и желто-зелёных – флавацин (ζ -каротин), у харовых – ликопин.

Ксантофиллы для водорослей также различны. Так, у перидиной встречается специфический набор ксантофиллов (диноксантин, неодиноксантин, перидинин); у сине-зелёных (миксоксантин, миксоксантофилл, осциллоксантин). Одинаковый набор ксантофиллов имеют золотистые и диатомовые водоросли. Лишь у них и бурых водорослей встречен неофукоксантин; только у эвгленовых – эвгленанон и криптоксантин. В химическом отношении ксантофиллы являются оксикаротиноидами.

Что касается жирных кислот, то отмечают преобладание у всех водорослей ненасыщенных кислот, но с некоторыми отличиями по составу для разных водорослей.

У диатомей, золотистых и желто-зелёных, а также бурых имеется заметное количество кислот $C_{14:0}$, диатомеи отличаются малым содержанием кислот C_{18} , зато кислот C_{16} у них более 70%. У перидиной распределение кислот по количеству атомов углерода равномерное, много кислот C_{22} . У зелёных водорослей наоборот, их нет. Замечено, что пресноводные водоросли в отличие от морских водорослей не содержат полиненасыщенных жирных кислот C_{20} и C_{22} . Из неомыляемых веществ водорослей, помимо пигментов, для таксономических цепей могут иметь значение также стеролы. Их нет у сине-зелёных водорослей, у бурых водорослей найдены сарга- и пальвестеролы; у зелёных-зимостерол. У зелёных и диатомовых водорослей обнаружен хондрилластерол; у красных и, возможно, золотистых – холестерол.

Глицераты сахаров отмечены только у представителей красных и некоторых золотистых водорослей. Прежде всего это флоридозид (2-0-D-глицерин- β -D-галактозид), а также изофлоридозид (1-глицерин-галактозид). Также найден глицерат одной маннозы. Глицерин находится в виде кислоты (α -D-маннозил-2-0-D-глицериновая кислота). Из резервных полисахаридов в водорослях отмечаются только производ-

ные глюкозы в виде крахмала или крахмалоподобных полиоз. Лишь у отдельных видов водорослей отмечен глюкофруктозан, дающий при слабом гидролизе сахарозу, раффинозу и стахиозу. В некоторых зелёных водорослях найден свободный фруктозан.

Крахмал обнаружен у зелёных, харовых, пиррофитовых и криптофитовых водорослей. Обычно в составе крахмала водорослей больше амилопектина (до 84-97%).

Белки у большинства водорослей разных видов и даже отделов состоят в основном из почти одинакового набора аминокислот. Лишь у некоторых водорослей отмечаются заметные количества аминокислот, которые у других водорослей или не найдены, или найдены в следовых количествах. Так, у периидиней и хризофитов можно отметить аминокислоты фосфониевые, у бурых – йодаминокислоты моно- и дийодтирозин, дийодтиронин, тироксин. У красных водорослей обнаружен дипептид карнозин, стимулирующий образование АТФ и фосфагена в мышцах животных.

Найденные в белках бурых и красных водорослей серусодержащие аминокислоты таурин и хондрин в других водорослях, в том числе зелёных, пока не обнаружены.

Вопрос о происхождении сапропелей, имеющий важное значение для решения общей проблемы генезиса ряда ископаемых топлив, является весьма сложным. Несмотря на определенные успехи, достигнутые в этом направлении, благодаря работам [13-17], единого мнения относительно приоритетного вкладателя или иных организмов в сапропелеобразование, в формирование их вещественного состава до сих пор не существует.

Согласно теории Г. Потонье [18] процесс сапропелеобразования представляет собой механическое накопление на дне водоёмов остатков отмерших планктонных организмов, состоящих из восков и жиров. При этом совершенно игнорировалось участие углеводов, белков высшей растительности и возможность синтеза новых соединений.

Действительно, в работах альгологов показано [19], что биомасса, создаваемая планктоном в мелководных озёрах, в 3-10 раз превышает массу макрофитов. На этом основании ряд ученых считает, что основную роль в образовании сапропелей играют планктонные организмы, прежде всего водоросли. М. Конойко [20] обнаружены значительные мощности сапропелей в озёрах, где макрофитная растительность практически отсутствует.

Альгофлора большинства пресноводных озёр отличается значительным разнообразием, наиболее распространенными отделами водорослей в сапропелях РФ [13-17] и Белоруссии [21, 22] являются диатомовые, сине-зелёные, зелёные, хризонановые. Большой удельный вес принадлежит диатомовым водорослям (*Bacillariophyta*), остатки которых могут слагать нацело толщину сапропелей.

Не менее распространены сине-зелёные водоросли (*Cyanophycophyta*). Массовое количество остатков данных водорослей в сапропелях указывает на обогащённость водоёма органическими соединениями.

Из отдела зелёных водорослей (*Chlorophycophyta*) в сапропелях встречаются представители порядков (*Desmidiiales*) и (*Protococcales*).

Десмидиевые водоросли большой роли в сапропелеобразовании не играют.

Исследования [23] основными компонентами фитопланктона определили белки (55,7-60,8%) и водорастворимые безазотистые вещества (32,6-42,5%) при невысоком вкладе жиров (1,2-4,0%).

Растительность озёр представлена не только водорослями, но и высшими водными растениями, заселяющими придонные и прибрежные участки водоёмов. В осадконакоплении озёр нельзя игнорировать участие макрофлоры, так как макрофлора и макрофауна в крупных сапропелевых озёрах, образуют ежегодно большие количества ОВ. Среди высших растений в биологическом составе озёр доминируют: рдест, уруть, телорез, водяная лилия, кубышка желтая, наяда, лютик, элодея, пузырчатка; хара из высших водорослей, из мхов представители родов *Drepanocladus*, *Calliergon*, *Fontinalis*, *Sphagnum*. В прибрежной зоне мелководных озёр наиболее распространены заросли: тростника обыкновенного, камыша, рогоза широколистного, водокраса лягушачего, хвоща, стрелолиста обыкновенного, ежеголовника, осоки, горца земноводного, частухи Валленберга, лобелии Дортмана, кувшинки белоснежной.

Помимо остатков растительного происхождения, в сапропелях встречаются остатки животных организмов (5-10% от общего биосостава осадков), среди которых преобладают *Cladocera* (ветвистоусые рачки), *Insecta* (насекомые), *Protozoa* (простейшие), раковины *Ostracoda* (ракушковые рачки), склеры *Spongia* (губки).

Подробному изучению особенностей химического состава ОМС РФ посвящены работы [3-6], в которых использованы современные химические и физико-химические методы анализа, включая: элементный, лазерный атомно-абсорбционный, количественный химический групповой и функциональный; ИК-Фурье, УФ/ВИС, 1H и ^{13}C ЯМР-спектроскопию, препаративную тонкослойную и колоночную адсорбционную, газо-жидкостную хроматографию, хромато-масс-спектрометрию, биологическое тестирование дрожжевым тестом и с использованием культур *Escherichiacoli*, *Salmonellaenteritidis*, *Shgellasonnie*, *Klebsiellapneumotomiae*, *Pseudomonasaeruginosa*, *Staphylococcusaurea*, *Corynebacteriumdiphtheriaqraavis*.

Результаты исследования. Химическим групповым анализом было определено количественное содержание битумов, водорастворимых, легко- и трудногидролизующихся соединений, уроновых, фульво-, гуминовых и гиматомелановых кислот, гумита, целлюлозы, лигнина.

Для водорастворимых, легкогидролизующихся и фульвокислот была выполнена тонкослойная препаративная хроматография с использованием в качестве стандартов широкого набора аминокислот, углеводов, водорастворимых карбоновых кислот.

Среди аминокислот были идентифицированы: лейцин, валин, α -L-аланин, глицин, аспарагин, аргинин, лизин, гистидин, аспарагиновая кислота, тирозин, цистеин, изоцистеин, триптофан, глутамин, серин, саркозин, пролин, фенилаланин, оксипролин; углеводы: арабиноза, галактоза, глюкоза, рамноза, лактоза, мальтоза, раффиноза, глюкозамин; водорастворимые карбоновые кислоты: щавелевая, янтарная, пимелиновая, винная, яблочная, салициловая, о-фталевая, галловая, феруловая, ванилиновая, сиреневая, малоновая, бензойная.

Для гуминовых, гиматомелановых кислот и гумита применили ИК-Фурье, УФ/ВИС, ^1H и ^{13}C ЯМР-спектроскопию, адсорбционную жидкостную хроматографию с использованием элюентов различной полярности, что позволило разделить их на большое число узких элюатов, которые в свою очередь были разделены вплоть до индивидуальных компонентов тонкослойной хроматографией.

В ИК-Фурье спектрах были обнаружены полосы поглощения (п.п.) следующих структурных фрагментов (ν , cm^{-1}).

– CH_2 -, $-\text{CH}_2$ и CH_3 – группы в алифатических циклоалкановых структурах (2920, 2960, 2850, 2860, 1465, 1470, 1380, 725);

– ароматические циклы, преимущественно неконденсированные (3000-3080, дублет 1500-1600, 1225), фурановые циклы (3130-3180, 1545, 1495, 1015-1030, 760-790);

– OH – групп фенолов и спиртов (3560, 3570, 3400-3200, 1200-1100, 1325-1415, 1360, 1340, 1275, 990, 730); несвязанная или «свободная» – OH -группа спиртов и фенолов (3650-3585); OH -группы связанные межмолекулярными (3560-3540) и внутримолекулярными водородными связями (3570-3440); хелатные соединения (3200-2500); деформационные колебания – OH -групп и валентные $\text{C}-\text{O}$ фенолов (1175, 1200, 1415-1325), первичных (1050, 1360-1260) и вторичных спиртов (1075, 1360-1260), полисахаридов (1075-1050, 755-481); стероидов (3030, 1670, 950, 835, 855, 800), в частности п.п. (3440-3400, 1065, 990, 835, 805) – β -ситостерин.

– карбонильных и карбоксильных групп (1275-1325, 2665, 2745; широкие 3100-2500 и 880-960, 1616, 1637, 1670, 1690, 1715, 1750, 1765);

– две п.п. (1725-1705) кетонов, диалкилкетон с открытой цепью $-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{CH}_2-$, очень слабые п.п. (1690-1665) ненасыщенных кетонов $-\text{CH}=\text{CH}-\text{CO}-$;

– хинонов (1690-1665), содержащих две группы CO в одном кольце;

– диалкилэфиров (1075, 1120, 1140, 1175, 1252, 2815, 2990); $-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{CH}_2-$ (1140-1065), ароматических и других простых эфиров с группой $=\text{C}-\text{O}$ (1260-1210);

– сложных эфиров и лактонов (1715, 1750, 1775), в т.ч.: ненасыщенные (1735-1715); метиловые эфиры жирных кислот с длинной цепью (1435-1415, 1360-1355, 1140, 1252, 1210, 1175, 755-790); циклических простых эфиров (1275-1140); алкоксильных групп (2910, 2895, 1225-1200, 1075, 1075-1025, 820);

– первичных и вторичных алифатических аминов (3350-3317, 3400, 1490, 1575, 1590-1645, 1360-1260, 1275-1175, 755-855); сопряженных пиррольных циклов порфиринов, хлорофиллов (3520, 3531, 3499, 3151, 1510, 1050, 674-755), пиррольных, пиридиновых, хинолиновых, пиперидиновых (3440, 3473-3440, 1490, 1360-1252, 740, 755), тиофеновых (3121-3050, 1510, 1050, 674-755, 855) и фурановых циклов (3169-3121, 1565, 1500, 1025, 880-870, 800-740), сульфидов (757-710, 610-660) и дисульфидов (430-471).

УФ/ВИС-спектр указывает на присутствие полициклических ароматических соединений, в основном нафталинового ряда (220, 275, 300-305), бактериохлорофилла «а» (475), ненасыщенных лактонов и сложных эфиров (200, 200-230), дикетонов терпенового ряда (300-305), каротиноидов, производных витамина А, дикетонов, ненасыщенных кетонов (400-415, 475-480), гиперицина (640-665), нм.

Спектр ЯМР ^1H ГК (этанольный элюат) содержит в ароматической части сигналы при 8.48, 7.68, 7.19 и 6.66 м.д.

Сигнал при 7.19 м.д. – относится к протонам алкилзамещенных бензольных колец; широкий сигнал при 6.66 м.д. – к фенольным фрагментам; 4.82 м.д. отвечает за протоны олефинов.

В области высокого поля сигнал при 0.84 м.д. принадлежит протонам концевых CH_3 -групп алкильных фрагментов; сигнал при 1.15 и 1.24 м.д. – линейным CH_2 -группам. Синглет при 1.68 м.д. можно отнести к CH_3 -группе, связанной с гетероциклом.

Препаративной тонкослойной хроматографией из отдельных элюатов ГК были выделены и подробно изучены практически индивидуальные соединения для которых выведены молекулярные и гипотетические структурные формулы. Идентифицированы: хлорофилл «а», эргостенилацетат, витамин К, криптоксантин, гризеоксантон, ликоподин, бактериохлорофилл «а», *n*-аминосалицилат натрия, галлат меди, ругалозин, сферофизин, эскулетин, β -ситостерол, родоксантин, убихинон, кверцетин, меллит-

алюминиевая соль бензолгексакарбоновой кислоты; стероиды, алкалоиды, терпены, хромоны, флавоноиды, тропоны, лактамы, каротиноиды; π -комплексы металлов с фенольными и хиноидными группами, углеводы.

Полученные сведения о химическом составе сапропелей РФ (Астраханская, Белгородская, Оренбургская области, Республика Татарстан, Краснодарский край Азовская пойма) дополняют вышеприведенные данные по различным водорослям, и даже в определенной степени детализированы [3-6].

Имея достаточно исчерпывающие сведения о химическом составе ОМ различных водорослей и сапропелей представлялось целесообразным рассмотреть также особенности видового состава флоры и фауны Ахтубинской поймы с. Сасыколи Астраханской области, Оренбургской, Белгородской, Ярославской областей, Приморско-Ахтарска Азовской поймы Краснодарского края, озера Глубокое Республики Татарстан. Отмечены значительные различия в видовом составе озерного фитопланктона и зоопланктона, а также луговой и высшей растительности перечисленных регионов. Набор нативных соединений достаточно различный. Идентифицированы: сесквитерпеновые лактоны (абсинтин, анабсинтин, анабсин, изоабсинтин; бициклические терпены – туйон, туйол и его эфиры с уксусной, изовалериановой и пальмитиновой кислотами, фелландрен и кадинен, азулены, дубильные вещества, кремневая, яблочная, щавелевая, акотиновая кислоты и их соли, каротины, витамины, флавоноидные гликозиды, сапонины, никотин, D-глюкоза, белки, углеводы, терпеновые спирты, глицериды жирных кислот; сахара, фенолкарбоновые кислоты – галловая, п-кумариновая, кофейная, феруловая, эллаговая, гликозид кверцетина, каротиноиды, ксантофиллы, хлорофиллы, проазулены, полисахариды, оксикоричные кислоты, стерины, камфора, крахмал, антрахиноны: эмодин, арабинозидэмодин, щавелин, хризофановая кислота, антоцианы, лейкоантоцианы, терпеновые кетоны (α - и β -туйон), флавоноиды: акацетин, генкванин, хризоэриол, диосметин, лютеолин, кверцетин, изорамнетин и др.).

Растения-сапропелеобразователи весьма значительно различаются групповым составом их ОВ.

Так, высоким содержанием битума отличаются осока бутылчатая (15.7), айр (13.5), камыш (13.0), сине-зелёные (10.9) и нитчатые водоросли (9.0); водорастворимых (ВРВ) и легкогидролизуемых (ЛГВ) веществ – уруть (63.2); рдесты (58.0), телорез (36.8), водяная чума (53.6), сине-зелёные (57.2) и нитчатые водоросли (31.6), гуминовых веществ – рдесты (36.8), пузырчатка (27.7), телорез (22.9), сине-зелёные (30.5) и нитчатые (27.9) водоросли; айр (21.5), ежеголовник (22.4), камыш (19.0); целлюлозы – камыш (30.8), осока бутылчатая (30.0), телорез (21.5), айр (21.6), ежеголовник (27.0) мас. % ОВ [16].

В результате комплексного исследования ОМС сапропелеобразователей обнаружен широкий набор биологически активных веществ, которые несомненно имеют достаточно чёткую генетическую связь с ОМС, водорослями, зоопланктоном, луговой и высшей растительностью. На основании сведений о химическом составе перечисленных групп флоры и фауны можно научно-обоснованно подходить к предсказанию наличия тех или иных биологически активных соединений в ОМС, специфичности их лечебного действия.

Для определения характера биологического действия сапропелей, а также различных сапропелевых препаратов было выполнено их биологическое тестирование с использованием бактерий: *Escherichiacoli*, *Salmonellaenteridis*, *Shigellasonnei*, *Klebsiellapneumonia*, *Pseudomonasaeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Corynebacteriumdiphtheriagravis*, грибы рода *Candida*.

Заключение. Результаты проведенных исследований позволили сделать вывод, что сапропелевые препараты, и, особенно, индивидуальные соединения, полученные препаративной ТСХ имеют ярко выраженную физиологическую активность, уровень проявления и специфичности которой зависят как от концентрации, так и вида микроорганизма. Возможно прогнозирование возможности и метода применения препаратов.

Так, микроорганизмы (*Staphylococcus aureus* и *Pseudomonasaeruginosa*) весьма устойчивы к действию антибиотических и бактерицидных веществ. Возможность усиливать рост колоний *Corynebacteriumdiphtheriagravis* с помощью ГК может успешно применяться в бактериологической практике заменяя сложные и зачастую дефицитные и дорогостоящие добавки в питательные среды, поскольку слабый рост колоний данного микроорганизма затрудняет точную и своевременную диагностику заболеваний.

В экспериментах с ФК отмечалось подавление роста *Escherichiacoli* и *Staphylococcus aureus*, проявление антибактериальных свойств, чем объяснено присутствие в составе сапропелевых ФК значительного количества галловой, феруловой, янтарной и метилянтарной кислот, являющихся субстратом для дыхания различных микробов и растительных организмов.

Бактерицидный эффект сапропелевых препаратов, сравнимый с таковым для синтетических антибиотиков типа гидрокартизона, преднизолон.

Определенные индивидуальные соединения могут найти применение в лечении сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний.

Литература

1. Позняк В.С., Раковский В.Е. О химическом составе органической массы сапропелей Белорусской ССР // Химия и генез торфа и сапропелей. 1962. С. 289–308.
2. Сапропелевые месторождения СССР: Справочно-инструктивные материалы / Под ред. Нейштадта М.И. М.: Изд-во АН СССР. 364 с.
3. Галкина И.С. Сапропель Оренбургской области: биологическая активность и пути применения: автореф. дис... канд. хим. наук. СПб., 2000. 22 с.
4. Охочинская О.Д. Химический состав и биологическая активность сапропеля Астраханской области: автореф. дис... канд. хим. наук. СПб., 2000. 19 с.
5. Пономарева М.А. Химический состав и пути использования сапропелей Татарстана: автореф. дис... канд. хим. наук. СПб., 2002. 20 с.
6. Дмитриева Е.Д. Химический состав и биологическая активности сапропеля Белгородской области: автореф. дисс... канд. хим. наук. СПб., 2003. 20 с.
7. Платонов В.В., Хадарцев А.А., Фридзон К.Я. Химический состав и биологическая активность сапропеля Оренбургской области (п. Соль-Илецк), генетическая связь с составом сапропелеобразователей // Вестник новых медицинских технологий (электронный журнал). 2014. №1. Публикация 1-6. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4873-1.pdf> (дата обращения 03.07.2014). DOI 10.12737/5040.
8. Платонов В.В., Хадарцев А.А., Фридзон К.Я. Генетическая связь биологической активности сапропеля Астраханской области с исходным растительным и животным материалом // Вестник новых медицинских технологий (электронный журнал). 2014. №1. Публикация 1-7. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4872.pdf> (дата обращения 03.07.2014). DOI 10.12737/5039.
9. Барашков Г.К. Сравнительная биохимия водорослей. М.: Изд-во «Пищевая промышленность», 1972. 335 с.
10. Богоров В.Г. Гидробиологический журнал. 1967. №5. С. 2.
11. Silva P.C. // Jn. Lewin R.A. 1962. P. 827
12. Ackman R.G., Tocher C.S., McLachlan J. // J. Fish. Res. Board Canada. 1966. V. 23, №3. С. 357.
13. Казаков Е.И. Генезис и химическая природа пресноводных сапропелей. Труды ИГи. Т.2. М.: Изд-во АН СССР, 1950. 266 с.
14. Казаков Е.И. Методика компонентного анализа органического вещества сапропелей. Тр. Лаборатории сапропелевых отложений. Вып.1. М.: Изд-во АН СССР, 1953. 48 с.
15. Караваев Н.М., Будяк Н.Ф. Исследование так называемых гуминовых кислот пресноводных сапропелей // ДАН СССР. 1960. Т. 132, №1. С. 192–195.
16. Поваркова С.С., Раковский В.Е. О химическом составе растений сапропелеобразователей // Химия и генезис торфа и сапропелей. 1962. С. 289–298.
17. Казаков Е.И., Пронина М.В. Химический состав различных форм планктона и бентоса. Тр. Лаборатории генезиса сапропеля. Вып.2. М.-Л., 1941. 57 с.
18. Потонье Г. Сапропелиты. М.: Изд-во журн. нефт. и сланц. хоз, 1920. 45 с.
19. Винберг Г.Г. Некоторые количественные данные по биомассе планктона озёр БССР. Уч. зап. БГУ им. В.И. Ленина. Сер. биол. Вып.17. Минск, 1954. 60 с.
20. Конойко М.А. Особенности формирования сапропелей в некоторых озёрах Белоруссии в зависимости от географических условий // Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве. 1976. С. 26–35.
21. Конойко М.А. Об условиях образования озёр и болот Белоруссии. История озёр. Труды всесоюзного симпозиума по основным проблемам пресноводных озёр. Т.2. Вильнюс, 1970. 67 с.
22. Ларгин И.Ф., Шадрин Н.И. Геология сапропелевых отложений. (Основы сапропелеведения): Учебн. пособие. Калинин: Изд-во КПИ, 1989. 72 с.
23. Добрянский А.В. Геохимия нефти. М., 1948. С. 16–27.

References

1. Poznyak VS, Rakovskiy VE. O khimicheskom sostave organicheskoy massy sapropeley Belorusskoy SSR [On the chemical composition of organic matter Sapropels Byelorussian SSR]. Khimiya i genез torfa i sapropeley. 1962:289-308. Russian.
2. Sapropel'evye mestorozhdeniya SSSR [Sapropelic deposits of the USSR]: Spravochno-instruktivnye materialy. Pod red. Neyshtadta MI. Moscow: Izd-vo AN SSSR. Russian.
3. Galkina IS. Sapropel' Orenburgskoy oblasti: biologicheskaya aktivnost' i puti primeneniya [Sapropel Orenburg region: biological activity and ways of applying] [dissertation]. Sankt-Peterburg (Sankt-Peterburg region); 2000. Russian.

4. Okhochinskaya OD. Khimicheskiy sostav i biologicheskaya aktivnost' sapropelya Astrakhanskoj oblasti [The chemical composition and biological activity of sapropel Astrakhan region] [dissertation]. Sankt-Peterburg (Sankt-Peterburg region); 2000. Russian.
5. Ponomareva MA. Khimicheskiy sostav i puti ispol'zovaniya sapropeley Tatarstana [The chemical composition and the way the use of sapropel Tatarstan] [dissertation]. Sankt-Peterburg (Sankt-Peterburg region); 2002. Russian.
6. Dmitrieva ED. Khimicheskiy sostav i biologicheskaya aktivnosti sapropelya Belgorodskoy oblasti [The chemical composition and biological activity of sapropel of the Belgorod region] [dissertation]. Sankt-Peterburg (Sankt-Peterburg region); 2003. Russian.
7. Platonov VV, Khadartsev AA, Fridzon KY. Khimicheskiy sostav i biologicheskaya aktivnost' sapropelya Orenburgskoy oblasti (p. Sol'-Iletsk), geneticheskaya svyaz' s sostavom sapropeleobrazovatelye [The chemical composition and biological activity of sapropel Orenburg region (p. Sol'-Iletsk), a genetic link with the composition sapropeleobrazovatelye]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy (elektronnyy zhurnal). 2014 [cited 2014 Jul 03];1:[about 8 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4873-1.pdf>. DOI 10.12737/5040.
8. Platonov VV, Khadartsev AA, Fridzon KY. Geneticheskaya svyaz' biologicheskoy aktivnosti sapropelya Astrakhanskoj oblasti s iskhodnym rastitel'nym i zhivotnym materialom [The genetic relationship of the biological activity of sapropel Astrakhan region to the original plant and animal material]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy (elektronnyy zhurnal). 2014 [cited 2014 Jul 03];1:[about 6 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4872.pdf>. DOI 10.12737/5039.
9. Barashkov GK. Sravnitel'naya biokhimiya vodorosley [Comparative biochemistry of algae]. Moscow: Izd-vo «Pishchevaya promyshlennost'»; 1972. Russian.
10. Bogorov VG. Hidrobiologicheskiy zhurnal. 1967;5:2. Russian.
11. Silva PC. Jn. Lewin RA. 1962:827.
12. Ackman RG, Tocher CS, McLachlan J. J. Fish. Res. Board Canada. 1966;23(3):357.
13. Kazakov EI. Genezis i khimicheskaya priroda presnovodnykh sapropeley [Genesis and the chemical nature of freshwater sapropel]. Trudy IGI. V.2. Moscow: Izd-vo AN SSSR; 1950. Russian.
14. Kazakov EI. Metodika komponentnogo analiza organicheskogo veshchestva sapropeley [Methods of analysis of organic matter component of sapropel]. Tr. Laboratorii sapropelevykh otlozheniy. Vyp.1. Moscow: Izd-vo AN SSSR; 1953. Russian.
15. Karavaev NM, Budyak NF. Issledovanie tak nazyvaemykh guminovykh kislot presnovodnykh sapropeley [The study of so-called humic acids freshwater sapropel]. DAN SSSR. 1960;132(1):192-5. Russian.
16. Povarkova SS, Rakovskiy VE. O khimicheskom sostaverasteniy sapropeleobrazovatelye [On the chemical composition of plants sapropel the adjustable]. Khimiya i genezis torfa i sapropeley. 1962:289-98. Russian.
17. Kazakov EI, Pronina MV. Khimicheskiy sostav razlichnykh form planktona i bentosa [The chemical composition of various forms of plankton and benthos]. Tr. Laboratorii genezisa sapropelya. Vyp.2. Moscow-Leningrad; 1941. Russian.
18. Poton'e G. Sapropelity [sapropelites]. Moscow: Izd-vo zhurn. nef. i slants. Khoz; 1920. Russian.
19. Vinberg GG. Nekotorye kolichestvennyye dannye po biomasse planktona ozer BSSR [Some quantitative data on the biomass of plankton lakes BSSR]. Uch. zap. BGU im. V.I. Lenina. Ser. biol. Vyp.17. Minsk; 1954. Russian.
20. Konoyko MA. Osobennosti formirovaniya sapropeley v nekotorykh ozerakh Belorussii v zavisimosti ot geograficheskikh usloviy [Features of formation of sapropel in some lakes of Belarus depending on the geographical conditions]. Problemy ispol'zovaniya sapropeley v narodnom khozyaystve. 1976:26-35. Russian.
21. Konoyko MA. Ob usloviyakh obrazovaniya ozer i bolot Belorussii [Conditions for the formation of lakes and swamps of Belarus]. Istoriya ozer. Trudy vsesoyuznogo simpoziuma po osnovnym problemam presnovodnykh ozer. T.2. Vil'nyus; 1970. Russian.
22. Largin IF, Shadrina NI. Geologiya sapropelevykh otlozheniy [Geology sapropel deposits]. (Osnovy sapropelevedeniya): Uchebn. posobie. Kalinin: Izd-vo KPI; 1989. Russian.
23. Dobryanskiy AV. Geokhimiya nefi [Geochemistry of oil]. Moscow; 1948. Russian.

Библиографическая ссылка:

Платонов В.В., Ларина М.А., Горохова М.Н. Сапропели – кладовая биологически активных соединений // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №3. Публикация 7-1. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-3/7-1.pdf> (дата обращения: 01.07.2016).