

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ САПРОПЕЛЯ**Платонов В.В., Хадарцев А.А., Чуносков С.Н., Фридзон К.Я.***ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет», Тула, e-mail: medins@tsu.tula.ru*

Впервые получена детальная информация о вещественном составе сапропеля озера Лебяжье (Республика Татарстан); определен химический групповой состав; охарактеризованы водорастворимые вещества, гуминовые, гиматомелановые и фульвокислоты. Органическая масса сапропеля представлена в основном, алифатическими, алициклическими и гидроароматическими структурами со значительно меньшим вкладом ароматических и гетероциклических, замещенных различными кислородсодержащими группами и алкильными цепями от C₄ до C₁₀. Определен значительный вклад биологически активных соединений: аминокислот, карбоновых кислот, металлопорфиринов, стероидов, каротиноидов и др. Выполнено биотестирование гуминовых, гиматомелановых и фульвокислот. Биологическое тестирование исходного сапропеля осуществлялось на морских свинках и белых мышках, получавших хозяйственный рацион. В основных (опытных) группах добавлялся сапропель в неограниченном количестве. При этом отмечено достоверное увеличение массы тела, исключены случаи поедания особями друг друга, исключалось агрессивное поведение. Показана защитная антибиотическая активность по отношению к *E.coli*, *St.aureus*, *C.diphtherie* и грибам *Candida*.

Ключевые слова: сапропели, гуминовая кислота, рентгено-флуоресцентный анализ и атомно-абсорбционный анализ, гематомелановые кислоты, фульвокислоты

THE BIOLOGICAL EFFECT OF SAPROPEL**Platonov V.V., Khadartsev A.A., Chunosov S.N., Fridzon K.Y.***Tula State University, Tula, e-mail: medins@tsu.tula.ru*

For the first time, the detailed information on material composition of sapropel in the lake Lebyazhie (Republic of Tatarstan) was obtained; the chemical group composition was determined; water-soluble substances, humic, himatomelans and fulvic acids were characterized. Organic mass sapropel are primarily aliphatic, alicyclic and hydroaromatics patterns, with a significantly smaller contribution of aromatic and heterocyclic, which replaced various oxygen-containing groups and alkyl chains of from C₄ to C₁₀. A significant contributor of biologically active compounds was identified, namely, amino acids, carboxylic acids, metalloporphyrins, sterols, carotenoids and other. Biotesting of humic, hima-tomelans and fulvic acids was carried out. Biological testing of the original sapropel was carried out on Guinea pigs and white mice that received household diet. In main (experimental) groups sapropel was added in unlimited quantity. However, a statistically significant increase in body weight was noted, cases of eating animals to each other and their aggressive behavior were excluded. Protective antibiotic activity against *E.coli*, *St.aureus*, *C.diphtherie* and fungi *Candida* was demonstrated.

Keywords: sapropels, humic acid, x-ray fluorescence and atomic absorption analysis, heimatmelodie acid, fulvic acids

Природные георганогенные образования (лечебные грязи, экстракты торфа, сапропеля, озокериты, шунгиты) как источники ценных биологически активных веществ обладают комплексным фармакологическим спектром воздействия. В практической медицине биологическая активность рассматривается как интегральное понятие, включающее ряд таких критериев, как ферментативная активность пелоида, напряженность микробиологических процессов, антимикробные свойства в отношении ряда условно-патогенных и патогенных для человека микробов, наличие фармакодинамических компонентов и др. [5].

Сложные биохимические процессы, протекающие при генезисе сапропеля, обуславливают большое разнообразие химического состава его органической массы (ОМ). В составе ОМ сапропелей определены: битумы, водорастворимые, легкогидролизуемые и гуминовые вещества, целлюлоза, лигнин, липиды, ароматические эфиры, каротиноиды, ксантофиллы, спирты, кислоты,

стероиды, производные хлорофилла, фосфолипиды, аминокислоты, сахара, углеводороды, металлопорфирины, фенолы, широкий набор витаминов. Состав углеводно-урового комплекса представлен гексозами (глюкоза, галактоза, манноза), пентозами (арабиноза, ксилоза) и уруновыми кислотами. В гидролизатах сапропелей идентифицированы аминокислоты, среди которых доминируют аспарагиновая и глутаминовая, глицин, пролин, L-α-аланин, гистидин, лизин, аргинин. Особенностью гуминовых веществ (ГВ) является их обогащенность аминокислотами, полипептидами, каротиноидами, стеринами, витаминами, металлопорфиринами, флавоноидами, терпенами, фенолами, гетероциклическими соединениями, алкалоидами. Данный спектр соединений определяет высокую биологическую активность как сапропеля в целом, так и различных препаратов на его основе, что определило области их использования. Разработаны и экспериментально апробированы методики исследования лечебных грязей

и выделяемых из них соединений, позволившие установить ряд значимых свойств: безвредность, противовоспалительную, вирусоингибирующую, антимикробную, антибактериальную и антигрибковую активность [1, 4, 9, 11, 15]. Например, присутствие в сапропелях физиологически активных микроэлементов: Cu, Mn, As, Zn, B, J и др., – активной грязеобразующей микрофлоры с преобладанием микроорганизмов, перерабатывающих безазотистые и азотсодержащие органические соединения, обуславливают их антимикробные свойства по отношению к тест-культурам белого и золотистого стафилококков. Активным началом являются выделенные из сапропеля микробы-антагонисты: спорообразующие формы, плесневые грибы и актиномицеты.

Для сапропелей, содержащих микрофлору, участвующую в переработке азотистых соединений: нитрифицирующие, аммонифицирующие, денитрифицирующие группы, а также микобактерии, плесневые грибы, – выявлена ферментативная активность по каталазе, пероксидазе, дегидрогеназе.

Выявлено, что сапропели, обогащенные водорастворимыми витаминами, обладают выраженными антимикробными свойствами по отношению к золотистому стафилококку [2].

Установлена связь биологической активности пелоидов с их антиокислительными свойствами, большая роль в формировании которой отводится жирорастворимым антиоксидантам фенольной природы – токоферолам, проявляющим способность связывать активные свободные радикалы. Исследовано 20 образцов данных отложений Сибири на содержание водо- и жирорастворимых витаминов (C, PP, B₁, B₂, B₆ и токоферола), а также ГВ и битумной фракции. Выявлены антимикробные свойства пелоидов в отношении *E. coli*, *C.perfringens*, *St.aureus* и *Ps.aeruginosa*.

Л. Марченко и Е. Гуринович [7] в микрофлоре белорусских сапропелей обнаружили большое число бактерий и актиномицетов, обладающих антибактериальными свойствами как к патогенным, так и к условно-патогенным микроорганизмам. Выявлены антагонисты среди бактерий и актиномицетов по отношению к золотистому и белому стафилококкам, тифозной палочке и паратифозной палочке В, к патогенным грибам человека (*Achovion Schorleini*, *Achovion gypseum* и др.), к микрофлоре гинекологических больных.

Доказано, что сапропелевые грязи оказывают положительное влияние на периферическую нервную, эндокринную, сердечно-сосудистую, пищеварительную системы, улучшают состояние опорно-двигательного аппарата, стимулируют метаболические про-

цессы в печени людей, излечивают кожные и гинекологические заболевания; способствуют быстрому прекращению воспалительных процессов и хорошему излечению экзем, дерматитов, ожогов, что обусловлено наличием в сапропеле антибиотиков и отсутствием патогенных микроорганизмов.

Н. Самутин [13] доказал, что сапропель является эффективным противовоспалительным средством пролонгированного действия при хронической воспалительной патологии суставов. При применении аппликаций восстанавливаются масса иммунокомпетентных органов (тимус, селезенка), клеточность тимуса и продукция антителообразующих клеток в селезенке, показатели фагоцитоза нейтрофилами, улучшается элиминация циркулирующих иммунных комплексов.

Комбинированное действие сапропелей и магнитотерапии эффективно при лечении шейного остеохондроза позвоночника с неврологическими проявлениями [13].

Экспериментальные исследования восстановительных процессов при повреждении паренхимы печени, проведенное на крысах линии Вистар обоего пола с вызванным токсическим гематитом [6], свидетельствуют о том, что курс магнитопелоидотерапии по сравнению с пелоидотерапией и магнитотерапией более эффективно нормализовал состояние печени у крыс с токсическим гепатитом. По мнению авторов, механизм ускорения развития репаративных процессов под влиянием магнитопелоидотерапии можно объяснить изменением биологических свойств сапропеля под влиянием применяемого *постоянного магнитного поля* (ПМП), неоднородность которого является фактором, повышающим эффективность процесса омагничивания. Неоднородное ПМП, одновременно воздействуя на сапропель и организм животного, вероятно, осуществляет пространственно-временную перереорганизацию метаболических процессов как в тканях животного, так и в самом сапропеле.

Разработаны методы лечения людей, страдающих остеоартрозом, с использованием сапропелей оз. Боровое (Красноярский край) [3]. Важную роль в формировании биологической активности данного сапропеля играют: гуминовые и фульвокислоты, липиды, ферменты типа пероксидазы, полифенолоксидазы, дегидрогеназы, каталазы; витаминный комплекс (аскорбиновая кислота, витамины В, РР и др.). Липиды, являющиеся продуктами жизнедеятельности синезеленых водорослей, проявляют бактериостатическую и бактерицидную активность, оказывают противовоспалительное, обезболивающее, иммуномодулирующее действие, положительное влияние на

гемодинамику суставов, тонус вегетативной нервной системы.

Экстракт высокополярных сульфидных иловых грязей, содержащий фосфолипиды, каротины, ксантофиллы, хлорофилл и его производные, стерины, миксоксантофиллы, высокомолекулярные кислоты в случае его применения в сочетании с ультрафоновезом при лечении острого воспаления придатков матки на фоне антибактериальной терапии уменьшает выраженность гемодинамических нарушений; экссудативных процессов, предупреждает разрастание соединительнотканевой остромы, уменьшает выраженность вызываемых воспалительным процессом массивных явлений атрезии фолликулов в яичниках, стимулирует их рост и образование желтых тел.

О. Тихоновская и Л. Шустов [14] заключили, что применение масляного раствора экстракта высокомолекулярных сульфидных иловых грязей на фоне медикаментозной терапии с ультрафоновезом приводит к более быстрому выздоровлению женщин с гинекологическими заболеваниями, сохранению и восстановлению репродуктивной функции.

Предлагаемый механизм лечебного действия заключается в активном участии фосфолипидов, каротинов, ксантофиллов, высокомолекулярных кислот в функционировании прооксидантных и антиоксидантных систем, а также в контроле клеточных процессов. Гуминовые вещества, присутствующие в сапропелях, стимулируют биологические процессы в организме животного, обладают антимикробным и антисептическим действием [10, 12]. Низкомолекулярная фракция ГК, включающая органоминеральные формы, проникает через кожу и транспортирует к органам различные физиологически активные вещества [8]. Использование ГК для лечения полиартрита доказало, что ГК сапропелей обладают кортизоноподобным действием, вызывают непосредственные ферментативные реакции как в стенках капилляров, так и в клетках эпителия, адсорбирующих цитохромксидазу, щелочную фосфатазу, АТФ, тормозят действие гиалуронидазы, входящей в состав соединительной ткани, и таким образом купируют воспалительные процессы.

Применение ГК при нейродермитах объясняется склонностью ГК к хелатообразованию с ионами тяжелых металлов, радионуклидов, токсинов и подавлению отрицательного воздействия последних на организм, что способствует увеличению объема кожного и мышечного кровотока, уменьшает застойные явления.

Анализ приведенного выше материала указывает на актуальность выполнения

исследований по изучению вещественного состава сапропелей различных регионов РФ, выявлению особенностей структурной организации соединений органического вещества сапропелей, их качественного и количественного соотношения; проведения биологического тестирования сапропелей в целом, а также различных препаратов, полученных на их основе. Важным является выявление генетической связи состава и биологической активности сапропелей с исходным растительным и животным материалом, обеспечившим формирование сапропелевой залежи, установление основных направлений биохимической трансформации исходного биоматериала.

Целью настоящего исследования является изучение особенностей химического состава и биологической активности сапропеля оз. Лебяжье (Татарстан).

Материалы, методы и результаты исследования

1. Технический анализ сапропеля

Влажность (W^d) – 3,7 [масс. % на воздушно-сухой сапропель]; зольность (A^c) – 70,5; содержание органического вещества – 25,8 [масс. % на воздушно-сухой сапропель], элементный состав (масс. % daf): С 54,4; Н 7,0; N 3,9; O + S 34,7; Н/С(am) = 1,544, степень окисленности (СО) = –0,587.

Эмиссионным спектральным, рентгенофлуоресцентным и атомно-абсорбционным анализами в составе минеральной части обнаружены: Al, Si, Ni, Mg, Sr, Na, K, Be, Co, Mo, Ag, Cr, Ti, V, W, Pt, Pb, Cu, Au, Nd, Ce, Ge, Ga.

Согласно данным рентгенофазового анализа основу минералогического состава минеральной части сапропеля составляют каолинит, галлуазит, кремнезем, оксид Fe (III), оксид Ti (IV); $CaO Al_2O_3 \times 2SiO_2$.

2. Химический групповой состав органического вещества (ОВ) сапропеля

Водорастворимые вещества (ВРВ) – 0,3; *битумы (Б)* – 3,3; *легкогидролизуемые вещества (ЛГВ)* – 3,0; *уроновые кислоты (УК)* – 1,6; *фульвокислоты и гуминовые кислоты (ФК, ГК)* – 0,6 и 12,5, соответственно, *целлюлоза (Ц)* – 1,0; *негидролизуемый остаток (НГО)* – 3,5 (масс. % ОВС).

2.1. Качественный и количественный состав ФК

Препаративной тонкослойной хроматографией (ТСХ) со свидетелями в составе ФК были качественно идентифицированы аминокислота, сахара и водорастворимые карбоновые кислоты и количественно определено их содержание.

2.1.1. Химический состав аминокислот (мг/кг сапропеля)

L- α -аланин (0,12), лейцин (48,08), фенилаланин (16,55), валин (15,58), глицин

(0,15), аспарагин (5,05), лизин (6,09), гистидин (10,11), аспарагиновая кислота (15,56), тирозин (12,01), цистеин (10,06), триптофин (0,52), глутамин (0,73), серин (0,14), изолейцин (0,10), глутаминовая кислота (63,60), треонин (47,59). Сумма аминокислот – 257,05 мг/кг сапропеля.

2.1.2. Химический состав сахаров (мг/кг сапропеля)

Арабиноза (10,04), Д-галактоза (100,55), Д-глюкоза (57,60), L-рамноза (22,04), лактоза (3,56), мальтоза (15,08), раффиноза (0,15). Сумма сахаров – 209,02 (мг/кг сапропеля).

2.1.3. Химический состав водорастворимых карбоновых кислот (мг/кг сапропеля)

Щавелевая (42,56), янтарная (30,01), адипиновая (1,09), пимелиновая (2,56), винная (0,15), яблочная (1,57), салициловая (10,54), о-фталевая (0,13), галловая (0,54), феруловая (0,57), ванилиновая (0,19), сиреневая (0,11), терефталевая (0,14), бензойная (0,11), малоновая (4,08), метилянтарная (8,91).

Сумма водорастворимых карбоновых кислот – 103,26 (мг/кг сапропеля).

3. Химический состав ГК

Выход ГК – 12,5 (масс. % ОМС); зольность (A^C) – 8,9; влажность (W^d) – 10,0; содержание органического вещества – 81,1 (масс. % от воздушно-сухого сапропеля).

Элементный (масс. % daf): С 671; Н 7,1; N 6,3; O + S 19,5; функциональный состав (мг-экв/г): фенольные (ФГ) – 11,5; хиноидные (ХГ) – 8,43; карбоксильные (КрГ) – 4,2, кетонные группы (КГ) – 0,75, йодное число (ИЧ) – 1,87.

Молекулярная масса – 1548,6; $N/C_{(am)} = 1,270$; $CO = -0,834$; молекулярная гипотетическая формула $C_{86,62}H_{109,97}N_{6,97}O + S_{18,87}$.

В ИК-Фурье спектре ГК были идентифицированы полосы поглощения (п.п) следующих структурных фрагментов (ν , cm^{-1}):

– слабой интенсивности п.п. CH_2 , CH_3 -групп алканов и циклоалканов (2952,7, 2923,8, 2854,4, 1421,3, 1378,9, 1226,5, 772,2); присутствие циклоалканов подтверждается совокупностью п.п. (3389–3337, 3350, 2953, 2855, 1421, 1454, 1379, 721, 758, 772); крайне слабая интенсивность п.п. (721) указывает на низкое содержание алканов (CH_2)_n при $n > 4$, а п.п. (1379) – CH_3 -группы в основном связаны с ароматическими фрагментами;

– интенсивные п.п. ароматических циклов (1600/1500, 1514, 1541, 1558, 3096, 3080, 3063, 3045, 3011), а также серия п.п. в областях (900–650 и 1200–900); интенсивность п.п. (1514) меньше, чем (1636), следовательно, в составе ГК велика доля конденсированных ароматических колец; которые в основном монозамещенные (1600, 1558, 1514, 698, 758);

– ОН-группы фенолов и спиртов (3427, 3389, 3366, 3351, 3296, 1410–1310, 1379, 1226, 721), в т.ч.: тритерпеновых и стероидных спиртов (1653, 1636, 1300–1150, 1124, 1034, 1080, 1170–950, 758, 771, 799); кетонных (1720, 1690, 1653, 1080, 1124), в т.ч.: дикетонных (1636–1541), арилалкилкетонных (1227–1080), диарилкетонных (1690–1653), кетонных, совмещенных с ненасыщенными связями ($-C-CO-C=CO$) – (1635–1541, 1635); хинонов; перихинонов (1635) – две группы $-CO$ в одном цикле; две группы $-CO$ в разных циклах (1653–1635); карбоновые кислоты (2694, 2924, 3590–3495, 2855, 1720, 1690, 1379–1227, 1170–1080), в т.ч.: кислоты с внутренней водородной связью (1680–1653); сложные эфиры, лактоны (1790, 1740, 1180, 1080); кумарины и изокумарины (1740–1720, 1636, 1653, 1541, 1514, 1558); полисахариды (1080, 1034, 459, 428); амид I (1690–1636) и амид II (1590–1514).

– деформационные колебания N-H групп первичных (1620–1590) и вторичных (1558–1514) амидов; ангидриды кислот (1850–1800, 1790–1740); асимметричные деформационные колебания NH-группы NH_3 (1653), и асимметричные валентные колебания группы $(C-O)_2$ – карбоксилат-иона (1558), симметричные валентные колебания карбоксилат-иона (1421);

– тиофеновых (3096, 3080, 3063, 1541–1034), фурановых (3198, 3177, 3152, 3134, 3107, 1580–1500), пиррольных пиперидиновых и пуриновых циклов (3495, 3427–3389, 3011–3080, 1580–1514, 1000–960, 820); пиррольных циклов в составе порфиринов, хлорофиллов (3495, 3152, 3045, 3011, 1580, 1034, 772–698); алифатических аминов (3500–3366, 1653–1500, 1360–1000); сульфидов (636–623) и дисульфидов (459, 428, 405); тиокетонных (1034–1227, 1080, 1034).

4. Химический состав гиматомелановых кислот

Гиматомелановые кислоты (ГМК) – одна из важнейших составляющих ГК – в значительной степени определяют биологическую активность последних.

ГМК выделяли кипячением ГК в 95%-м C_2H_5OH , в котором они хорошо растворяются. Этанольный раствор отделялся фильтрованием, C_2H_5OH отгонялся, а ГМК сушились в вакуумном шкафу до постоянной массы.

Выход ГМК составил 40 (масс.% от ГК); значение средней молекулярной массы 903 а.е.м.; элементный состав (масс.% daf): С 70,9; Н 9,3; N 2,9; O + S 16,9; $N/C_{(am)} = 1,574$; $CO = -1,217$; гипотетическая молекулярная формула $C_{53,35}H_{83,99}N_{1,87}O + S_{9,54}$.

В ИК-Фурье спектре ГМК были идентифицированы п.п. следующих структурных фрагментов (ν , cm^{-1}):

– интенсивные п.п. в областях (1600–1300, 900–650) указывают на высокое содержание в ГМК ароматических и гетероциклических соединений (3082–3034, 1600–1500, 1550–1500, 1500–1448, 1175–1123, 1100–1072, 770–730, 744–704), замещенных длинными алкильными цепями (3065–3034, 1500–1446, 910–648), включающими двойные связи (3045, 1650, 1601, 975, 862, 820);

– интенсивные п.п. C_nH_{2n} –, $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ –, $\text{C}_n\text{H}_{2n-4}$ – групп алкановых и циклоалкановых структур (2980, 2939, 2920, 2868, 1446, 1369, 1394, 1286, 960, 704, 444); наличие циклоалканов подтверждается совокупностью п.п. (3410–3342, 2953, 2939, 2920, 2868, 2849, 1446, 1394, 1369, 704), включающие длинные алкильные цепи (3065–3034, 1500–1446, 1549–1446, 910–648) с двойными связями (3045, 1650, 1601, 975, 867, 820);

– ОН-группы фенолов и спиртов (3574, 3410, 3410–3198, 3292, 1420–1330, 1369, 1330, 1220, 1215, 660–635) в т.ч.: спиртов тритерпеноидного и стероидного типа (1300–1150, 1150–950), стериды (3034, 1670, 960, 862, 840, 800), в частности п.п. (3437–3410, 1072, 970, 862, 820, 805);

– β -ситостерин; кетоны (1728, 1710, 1700, 1690), в т.ч.: ненасыщенные (1675) и α -гидроксикетоны (1740–1720, 1650–1620, 1570–1549); хиноны (1675, 1645) или кетонные группы, сопряженные с двойной связью; карбоновые кислоты (3000–2500, 1760, 1710, 1420, 1300–1200); метиловые эфиры α,β -ненасыщенных (1300–1160) и ароматических кислот (1310–1250), лактоны (1250–1110), жирных длинноцепных алифатических кислот (1250, 1205, 1175);

– пиридиновые, хинолиновые, изохинолиновые (3065–3010, 1650–1580, 1510–1480, 1200, 1100–1000, 900–670, 704), пиримидиновые (3065–3010, 1580–1520, 1000–960, 862–825, 744); сопряженные пиррольные гетероциклы порфиринов, хлорофилла (3526, 3485, 3155, 3148, 3055, 1585, 1039, 750–690), фурановые (3165–3125, 1549, 1500, 1039, 800–740) и тиофеновые циклы (3128–3051, 1520, 1039, 750–690, 862), сульфиды (705–560, 650–610) и дисульфиды (465, 420), амины (3506–3292, 3410–3100, 1650–1549, 1340–1250, 1370–1288, 1230–1018), амиды (3360–3323, 3221–3190, 1680–1620, 1570–1515, 770–610, 630–525).

Согласно УФ/ВИС-спектру в ГМК присутствуют (НМ): бензольные и нафталиновые кольца (200, 220, 260, 275, 310); производные флавонолов (245, 250, 270) и кумаринов (265, 285, 320); ненасыщенные карбоновые кислоты (220), сложные эфиры и лактоны (200, 240, 225), непредельные и предельные кетоны (270, 470), хромоны

(625); сопряженные пиррольные циклы хлорофилла и порфиринов (450, 510, 545), индолы, витамин «К» (270), стероидные соединения типа холестадиена и эргостена (280, 290, 320), эргостерина (260, 270, 285, 295), супрастерина (250), тахистерина (268, 280, 295); π -комплексы металлов с фенольными и хиноидными группами (450); пигменты пурпурных бактерий (420, 535), антоцианы (480, 500), каротиноиды, производные витамина «А», дикетоны (415, 450, 470, 480), пиррольные пигменты, сопряженные хиноны (435, 520, 600, 620), гиперидин (660), бактериохлорофилл «а» (365, 400, 475, 610).

Сравнение структурных характеристик ГМК и ГМК показывает, что последние имеют почти в 1,5 раза меньше значение молекулярной массы, больше содержание алифатических, алициклических и гидроароматических структур, карбоксильных и сложнэфирных групп.

5. Биологическое тестирование сапропелевых препаратов

5.1. Биологическое тестирование исходного сапропеля

Для изучения биологической активности сапропеля были взяты контрольная и опытная группы морских свинок (самцов в возрасте 1,5 мес.) по 10 особей в группе, а также белых мышей (самцов в возрасте 1 мес.) по 20 особей в группе. Все животные получали хозяйственный рацион: зерно (морские свинки – 20 г/сутки, белые мыши – 11 г); морковь (120 и 3), свекла (120 и 3), г/сутки на одно животное. С целью установления влияния сапропеля на физиологию животных и характер их поведения в опытных группах его скармливали в неограниченном количестве вместе с основным кормом.

Отмечено, что подкормка сапропелем оказала положительное влияние на рост животных. В контрольной группе живая масса морских свинок за 90 дней увеличилась на 19,3–21,9%, а в опытной на 26,3–44,3%. В контрольной группе белых мышей за 90 дней живая масса возросла на 11,6–15,4%, а в опытной – на 10,5–15,0%.

Однако в контрольной группе белых мышей из-за несбалансированного питания, а именно недостатка микроэлементов, жиров и протеина было загрызено и съедено 50% особей. В течение эксперимента в данной группе животные вели себя беспокойно и агрессивно, постоянно нападая друг на друга.

Незначительные различия в изменении живой массы контрольных и опытных белых мышей, по-видимому, можно объяснить использованием контрольными особями животного сырья.

Морские свинки и белые мыши в опытных группах в течение всего времени

(90 суток) чувствовали себя хорошо, были спокойными и поедали сапропель с большой охотой. Кишечных расстройств не наблюдалось. Улучшилось качество шерсти.

Морфобиохимическое исследование крови позволило сделать вывод о нормальном состоянии здоровья животных. В целом различия между группами по гематологическим показателям были незначительными и находились в пределах физиологических норм. В опытных группах животных отмечалось незначительное увеличение лейкоцитов.

После 3-дневного восстановительного периода контрольные и опытные животные были заражены анаэробной токсигенной культурой *Clostridium perfringens*.

Контрольные группы животных погибли на 2-й день после заражения, а опытные на 4-й день.

5.2. Биологическое тестирование сапропелевых препаратов (ФК, ГК и ГМК)

Были изучены ФК, ГК и ГМК, которые в различных концентрациях вводились в состав питательных сред для выращивания различных групп микроорганизмов: *E.coli*, *St.aureus*, гриб *Candida*, *C.diphtherie*, для роста последних требуется среда с высоким содержанием аминного азота, глюкозы, нативного белка, что достигается введением в состав среды крови, сыворотки животных.

Установлено, что наибольшей биологической активностью обладают ГК, выделенные из исходного и декальцинированного сапропеля. Наблюдается обильный рост нетребовательных микроорганизмов, таких как *E.coli* и *St.aureus*; также отмечается умеренный рост, по сравнению с контролем, высокотребовательных *Candida* и *C. diphtherie*, в то время как в отсутствие ГК рост микроорганизмов на агаре отсутствует.

ФК вызывают угнетение роста микроорганизмов; чем больше концентрация ФК, тем заметнее эффект угнетения, вплоть до отсутствия роста микроорганизмов.

Для ГМК, в пределах изученных доз, отмечается высокий эффект размножения клеток микроорганизмов. Таким образом, результаты изучения биологической активности ГК, ФК и ГМК могут быть успешно использованы в конструировании питательных сред для диагностики инфекционных заболеваний, а исходный сапропель – в качестве эффективной кормовой добавки.

Усвоение питательных веществ корма, их превращение в организме животных в энергетический и строительный материал определяется активностью ферментов, гормонов и других биологически активных веществ, содержащихся в сапропеле и различных препаратах на его основе. Их роль особенно возрастает в стрессовых ситуаци-

ях. Высокой биологической активностью обладают также ГК торфа, стимулирующие процесс брожения дрожжей, активность ферментов; влияют на окислительно-восстановительные процессы, что объясняется наличием в ГК торфа полифенолов, оксихинонов, хинонов, выполняющих роль переносчиков водорода и активаторов кислорода, а это стабилизирует внутриклеточное дыхание; активирует синтез белка и нуклеиновых кислот. Высокая биологическая активность препаратов на основе торфа месторождения «Мещера» типа «ЭДАГУМ*СМ» была подтверждена РАСХН ГНУ Ставропольским научно-исследовательским институтом животноводства и кормопроизводства (ГНУ СНИИЖК). Отмечено повышение урожайности кормовых и пастбищных трав, а также кормовых бобовых культур на 1,0–2,4 ц/га; сокращение укосного периода на 3–8 дней. Корма имеют более высокое качество, а именно более высокое содержание протеина, жира, БЭР, витаминов, аминокислот в более доступной форме.

Использование «ЭДАГУМ*СМ» в качестве кормовой добавки для сукозных и суягных маток, ремонтных козочек позволило установить его положительное влияние на усвояемость питательных веществ. Среднесуточный привес сукозных и суягных маток составил 16,85%; молочность 1,16–1,18 кг (1,14 – контроль); настриг шерсти увеличился на 4,25%; плодовитость – на 18%. Улучшились гематологические и биохимические показатели крови – гемоглобин на 4,69%; сократился расход кормов на 17,73% за счет более эффективного переваривания сухого корма. Среднесуточный привес ремонтных козочек составил 18,75% (контроль – 10,94%); молочная продуктивность – на 9,32%.

Выводы

1. Комплексом современных физико-химических методов анализа впервые выполнено исследование вещественного состава сапропеля озера Лебязье (Республика Татарстан) с получением подробной характеристики химического группового органического вещества сапропеля, качественного и количественного состава водорастворимых соединений, гуминовых, гиматомелановых и фульвокислот.

2. В составе органического вещества сапропеля идентифицированы аминокислоты, сахара, карбоновые кислоты, кетоны, спирты, производные фенола, нафтолов, хлорофилла, каротиноиды, хиноны, металлопорфирины, стеринны. Большинство соединений имеют тесную генетическую связь с исходным биоматериалом, участвовавшим в сапропелеобразовании; проявляют высокую биологическую активность.

3. Выполнено биотестирование сапропеля и различных препаратов на его основе с привлечением большого набора микроорганизмов, а также морских свинок и белых мышей. Гуминовые препараты проявляют антибиотическую активность по отношению к *E.coli*, *St.aureus*, *C.diphtherie* и грибам *Candida*, причем специфичность биологического действия коррелируется с химическим составом препаратов.

Список литературы

1. Дроздова Т.В., Богачева М.П., Писарева Т.А. Определение хлорина, феопитина в осадках Черного моря // Химико-океанографические исследования морей и океанов. – М., 1975. – С. 138–145.
2. Джабарова Н.К., Карелина О.А., Клопова Н.Г. Витаминные комплексы как один из показателей биологической активности пелоидов // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 1997. – № 2. – С. 25–27.
3. Иванова Т.Г., Тронева Т.М., Капилевич Л.В. и др. Использование сапропелей при остеоартрозе у участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 1997. – № 3. – С. 23–25.
4. Килина Е.С., Тронева Т.М. Оценка и прогноз бальнеологической ценности сапропелей Сибири по их биологической активности // Актуальные вопросы курортологии и физиотерапии. – Томск, 1997. – С. 36.
5. Килина Е.С., Тронева Т.М., Клопотова Н.Г. Биологическая активность лечебных сапропелевых грязей Сибири // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 1997. – № 2. – С. 23–25.
6. Левицкий Е.Ф., Кузьменко Д.И., Сидоренко Г.Н. и др. Влияние сочетанного воздействия аппликаций сапропеля и неоднородных процессов при повреждении паренхимы печени (экспериментальное исследование) // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 1998. – № 2. – С. 35–36.
7. Марченко Л.О., Гуринович Е.С. Микробиологические исследования сапропелей белорусских озер // Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве. – Минск: Наука и техника, 1976. – С. 74–81.
8. Пелоидотерапия распространенных заболеваний / под ред. А.Ю. Никонова. – Пятигорск, 1985. – 192 с.
9. 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. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4872.pdf>.
10. 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. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4873.pdf>.
11. Платонов В.В., Хадарцев А.А., Фридзон К.Я., Чуносков С.Н. Химический состав и биологическая активность сапропеля оз. Глубокое (Татарстан) // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – № 3. – С. 112–118.
12. Половецкая О.С., Платонов В.В., Хадарцев А.А. Особенности химического состава экстрактов сапропеля Краснодарского края // Вестник новых медицинских технологий. – 2013. – № 2. – С. 446–452.
13. Самутин Н.М. Опыт применения сапропелевой грязи в сочетании с магнитным полем при лечении шейного остеохондроза // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 1997. – № 5. – С. 25–26.
14. Тихоновская О.А., Шустов Л.П. Способ лечения острых воспалительных заболеваний придатков матки с применением грязевого препарата Эплира // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 2000. – № 5. – С. 29–31.
15. Тронева Т.М., Сидоренко Е.Н., Джабарова Н.К. и др. Вопросы биологической активности и хранения ле-

чебных сапропелей Сибири для внутрикурортного использования // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 1993. – № 3. – С. 61–64.

References

1. Drozdova T.V., Bogacheva M.P., Pisareva T.A. Opredelenie hlorigina, feofitina v osadkah Chernogo morja // Himiko-oksano-graficheskie issledovanija morej i okeanov. M., 1975. pp. 138–145.
2. Dzhabarova N.K., Karelina O.A., Klopova N.G. Vitaminnye komplekсы kak odin iz pokazatelej biologicheskoy aktivnosti peloidov // Voprosy kurortologii, fizioterapii i LFK. 1997. no. 2. pp. 25–27.
3. Ivanova T.G., Tronova T.M., Kapilevich L.V. i dr. Ispol'zovanie sapropel'ej pri os-teoartroze u uchastnikov likvidacii posledstvij avarii na Chernobyl'skoj AJeS // Voprosy kurortologii, fizioterapii i LFK. 1997. no. 3. pp. 23–25.
4. Kilina E.S., Tronova T.M. Ocenka i prognoz bal'neologicheskoy cennosti sapropel'ej Sibiri po ih biologicheskoy aktivnosti // Aktual'nye voprosy kurortologii i fizioterapii. Tomsk, 1997. pp. 36.
5. Kilina E.S., Tronova T.M., Klopotova N.G. Biologicheskaja aktivnost' lechebnyh sa-propel'evykh grjazej Sibiri // Voprosy kurortologii, fizioterapii i LFK. 1997. no. 2. pp. 23–25.
6. Levickij E.F., Kuz'menko D.I., Sidorenko G.N. i dr. Vlijanie sochetannogo vozdejst-vija aplikacij sapropel'ja i neodnorodnyh processov pri povrezhdenii parenhimy pečeni (jeksperimental'noe issledovanie) // Voprosy kurortologii, fizioterapii i LFK. 1998. no. 2. pp. 35–36.
7. Marchenko L.O., Gurinovich E.S. Mikrobiologicheskije issledovanija sapropel'ej belo-russkikh ozer // Problemy ispol'zovanija sapropel'ej v narodnom hozjajstve. Minsk: Nauka i tehnika, 1976. pp. 74–81.
8. Peloidoterapija rasprostranennyh zabolevanij / Pod red. A. Ju. Nikonova. Pjati-gorsk, 1985. 192 p.
9. Platonov V.V., Hadarcev A.A., Fridzon K.Ja. Geneticheskaja svjaz' biologicheskoy ak-tivnosti sapropel'ja Astrahanskoj oblasti s ishodnym rastitel'nym i zhivotnym materia-lom // Vestnik novyh medicinskih tehnologij (jelektronnyj zhurnal). 2014. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4872.pdf>.
10. Platonov V.V., Hadarcev A.A., Fridzon K.Ja. Himicheskij sostav i biologicheskaja aktivnost' sapropel'ja orenburgskoj oblasti (p. Sol'-Ileck), geneticheskaja svjaz' s sostavom sapropel'eoobrazovatelej // Vestnik novyh medicinskih tehnologij (jelektronnyj zhurnal). 2014. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4873.pdf>.
11. Platonov V.V., Hadarcev A.A., Fridzon K.Ja., Chunosov S.N. Himicheskij sostav i biologicheskaja aktivnost' sapropel'ja oz. Glubokoe (Tatarstan) // Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2014. no. 3.
12. Poloveckaja O.S., Platonov V.V., Hadarcev A.A. Osobennosti himicheskogo sostava jekstraktov sapropel'ja Krasnodarskogo kraja // Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2013. no. 2. pp. 446–452.
13. Samutin N.M. Opyt primenenija sapropel'evoj grjazj v sochetanii s magnitnym polem pri lechenii shejnogo osteohontroza // Voprosy kurortologii, fizioterapii i LFK. 1997. no. 5. pp. 25–26.
14. Tihonovskaja O.A., Shustov L.P. Sposob lechenija ostryh vospalitel'nyh zabolevanij pridatkov matki s primeneniem grjazevogo preparata Jeplira // Voprosy kurortologii, fi-zioterapii i LFK. 2000. no. 5. pp. 29–31.
15. Tronova T.M., Sidorenko E.N., Dzhabarova N.K. i dr. Voprosy biologicheskoy aktiv-nosti i hranenija lechebnyh sapropel'ej Sibiri dlja vnutrikurortnogo ispol'zovanija // Vo-prosy kurortologii, fizioterapii i LFK. 1993. no. 3. pp. 61–64.

Рецензенты:

Наумова Э.М., д.б.н., заведующая кафедрой «Фармакология» медицинского института, ФГОУ ВПО «Тульский государственный университет», г. Тула;

Фудин Н.А., д.б.н., профессор, заместитель директора по научной работе НИИ нормальной физиологии имени П.К. Анохина Российской академии медицинских наук, г. Москва.

Работа поступила в редакцию 08.09.2014.