На правах рукописи

БАБЕШИНА ЛАРИСА ГЕННАДЬЕВНА

Сфагновые мхи Западно-Сибирской равнины: морфология, анатомия, экология и применение в медицине

03.02.01 – Ботаника

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени

доктора биологических наук

Томск – 2011

Работа выполнена в ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения и социального развития Российской федерации

Научный консультант:

доктор фармацевтических наук, профессор Дмитрук Степан Евгеньевич

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор Елена Дмитриевна Лапшина

доктор биологических наук, профессор Ирина Ивановна Гуреева

доктор биологических наук, профессор Аркадий Николаевич Васильев

Ведущая организация: Учреждение Российской академии наук Институт биологии Карельского НЦ РАН

Защита состоится «1» декабря 2011 г. В 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.267.09 при ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Национального исследовательского Томского государственного университета.

Автореферат разослан « ___ » _____ 2011 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, доктор биологических наук В.П.Середина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Представители рода *Sphagnum* L. (сфагновые, торфяные или белые мхи) обычно выступают в качестве доминантов и эдификаторов торфяных болот, которые можно встретить на территории практически всех географических зон и поясов, на всех континентах кроме Антарктиды. Это обстоятельство позволяет им быть хорошими модельными объектами в исследованиях разных направлений ботаники и экологии.

В настоящее время большое внимание уделяют биосферной роли торфяных болот. В связи с интенсивной антропогенной нагрузкой, касающейся в первую очередь влияния нефте- и газодобывающей промышленности, актуальной является проблема изучения сфагновых мхов как основных торфообразователей, а также в качестве биоиндикаторов для оценки состояния болотных сообществ (Лапшина, 2003; Шепелева, Филимонова, 2008 и др.).

С другой стороны, сфагновые мхи имеют многовековую историю применения в медицинской практике разных стран мира: в Китае сфагновым отваром лечили болезни глаз; в Америке, Англии, Шотландии и Ирландии сфагнум использовали для лечения фурункулов; в России его применяли для лечения инфицированных ран, ревматизма, радикулита, артритов, заболеваний кишечника. Всеобщее признание получили сфагновые мхи как великолепный перевязочный материал. С этой целью они широко использовались во время русско-японской, первой и второй мировых войн (Виноградов, 1942; Савич-Любицкая, 1943; Подтероб, Зубец, 2002 и др.) В настоящее время использование сфагновых мхов на территории России часто ограничено сельскохозяйственной отраслью (Чаков, 2004). Имеется ряд патентов на изготовление косметической продукции и средств гигиены (Бердников, 1996; Георгиева, 2003 и др.), но лекарственные препараты из видов рода *Sphagnum* на данный момент не выпускаются. В тоже время данные о биологической активности извлечений из дерновины этих мхов указывают на перспективность разработки новых высокоэффективных лекарственных препаратов на их основе (Бабешина, 2002; Дмитрук, 2008 и др.). Богатейшие ресурсы сфагновых мхов на территории Западно-Сибирской равнины, в сочетании с их рациональным использованием (Бабешина, Дмитрук, 2009), являются основой получения ценного лекарственного сырья для отечественной фармацевтической промышленности.

Изучение бриофлоры Западной Сибири связано с работами П.Н. Крылова (1925), Л.А. Косачевой (1974 и др.), Ю.А. Львова (1973 и др.), Е.Я. Мульдиярова (1990, 1995 и др.), Е.Д. Лапшиной (2003 и др.) и А.Л. Борисенко (2002 и др.). В целом исследование моховидных существенно отстает от изучения флоры сосудистых растений, целенаправленные исследования сфагновых мхов на территории Западно-Сибирской

равнины не проводились. Информация о них имеет фрагментарный характер, а по некоторым разделам практически отсутствует. Исходя из вышеизложенного, актуальность всестороннего исследования видов рода *Sphagnum* не вызывает сомнений.

Цель работы: комплексное изучение особенностей сфагновых мхов, произрастающих на территории Западно-Сибирской равнины и выявление возможности их использования для создания лекарственных средств и в качестве биоиндикаторов.

Задачи исследования:

1. На основании сравнительного анатомо-морфологического исследования уточнить диагностические признаки секций и видов рода *Sphagnum L.*, произрастающих на территории Западно-Сибирской равнины;
2. Рассчитать фитоиндикационные статусы сфагновых мхов по экологическим факторам увлажнения, трофности и кислотности среды для оценки условий их местообитаний на исследуемой территории;
3. Исследовать элементный состав с целью оценки содержания радионуклидов, а также жизненно необходимых и условно-эссенциальных, токсичных и условно-токсичных химических элементов, выявить корреляционную зависимость их накопления от местообитания вида;
4. Провести общий фитохимический анализ представителей рода *Sphagnum* с целью качественного и количественного определения основных групп биологически активных веществ;
5. В условиях *in vitro* исследовать адсорбционную и противомикробную активность сфагновых мхов в зависимости от вида, времени, места сбора сырья и технологических факторов;
6. Дать обоснование возможности применения фармакологических средств из сфагновых мхов;
7. Дать оценку запасов видов *Sphagnum,* перспективных для использования в медицине, и разработать рекомендации по сбору сырья.

Научная новизна:

– впервые проведены комплексные исследования сфагновых мхов Западно-Сибирской равнины. В результате 33960 промеров (8610 по морфологическим и 25350 по анатомическим признакам) получены оригинальные данные по морфологии и анатомии гаметофитов 31 вида из 8 секций рода *Sphagnum*. Установлены средние размеры клеток и пор веточных листьев, а также величина диаметра стебля растений;

– детально изучены споры 23 видов из 6 секций рода *Sphagnum*, собранные на исследуемой территории, выявлены их морфологические признаки и предложена классификация по строению экзоспория;

– на основе обширного фактического материала (1839 полных геоботанических описаний) рассчитаны фитоиндикационные статусы 29 сфагновых мхов на территории Западно-Сибирской равнины по экологическим факторам увлажнения и трофности. Проанализировано поведение 7 наиболее распространенных видов сфагновых мхов в отношении этих факторов в трех широтных подзонах лесной зоны;

– используя данные 1347 прямых измерений pH болотной воды и выборку геоботанических описаний участков, где были проведены измерения, рассчитаны фитоиндикационные статусы 28 видов рода *Sphagnum* по кислотности среды их обитания;

– установлено наличие более 27 макро- и микроэлементов в сфагновых мхах, при этом обнаружена значимая корреляционная зависимость содержания K, Mn, Rb и Zn с их экологическими оптимумами;

– выявлена удельная активность долгоживущих радионуклидов Ra^{226}, Th^{232}, K^{40}, Cs^{137} в образцах 21 вида рода *Sphagnum*. Среднее содержание техногенного радиоцезия в 1,85 раза ниже допустимого уровня для пищевых продуктов и биологически активных добавок;

– разработан оптимальный способ получения комплекса биологически активных веществ из сфагновых мхов;

– выявлены закономерности противомикробной активности комплекса биологически активных веществ представителей рода *Sphagnum* в зависимости от вида растения, его местообитания, времени сбора сырья, способа экстрагирования;

– установлена закономерность между степенью измельчения сырья, сроками его сбора и хранения и адсорбционной способностью видов;

– выявлены перспективные виды сфагновых мхов для использования в медицине. Разработан проект фармакопейной статьи «Дерновина сфагнума бурого». На основе *S. fuscum* разработаны: мазь, экстракт и энтеросорбент. Научная новизна полученных результатов защищена 3 патентами Российской Федерации:

- «Ранозаживляющее средство» № 2396972 от 20.08.2010 г.
- «Средство, обладающее противовоспалительным и болеутоляющим действием» № 2396973 от 20.08.2010 г.
- «Энтеросорбент растительного происхождения» № 2391998 от 20.06.2010 г;

– даны практические рекомендации по рациональному использованию ресурсов сфагновых мхов.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Морфометрические признаки и фитоиндикационные статусы ряда видов сфагновых мхов на территории Западно-Сибирской равнины отличаются от установленных ранее для других территорий России.
2. Экологические оптимумы сфагновых мхов по трофности и кислотности их среды обитания имеют положительную корреляцию с содержанием в этих растениях K, Rb и Zn, а концентрация Mn отрицательно коррелирует с увлажнением.
3. Изменение природно-климатических условий на исследуемой территории не влияет на накопление в сфагновых мхах химических элементов и долгоживущих радионуклидов.
4. Сфагновые мхи целесообразно использовать для создания высокоэффективных лекарственных препаратов.

Личный вклад автора. Данная работа является обобщением 20-летних исследований автора, который разрабатывал программу исследований, лично проводил сбор и определение видовой принадлежности образцов, выделение из них суммарных комплексов биологически активных веществ и многолетние исследования их противогрибковых свойств. Автор являлся руководителем и участником изучения адсорбционных возможностей сфагновых мхов, проводил анатомо-морфологические исследования, принимал участие в создании базы данных «Флора и растительность болот Западной Сибири» (78 геоботанических описаний гидроморфной растительности), проводил пробоподготовку для исследований элементного состава образцов. Автором осуществлялась систематизация и интерпретация полученных данных, апробация и публикация результатов. Доля личного участия в публикациях пропорциональна числу соавторов.

Практическая значимость.

Внесены уточнения в морфометрическую характеристику (размеры стеблевых и веточных листьев, количество слоев гиалодермиса и веточек в пучках) имеющуюся в литературе для аналогичных видов сфагновых мхов, описанных в пределах европейской и арктической флоры России. Результаты анатомо-морфологических и экологических исследований предоставляют новые возможности в проведении ретроспективного анализа изменения условий среды при работе с торфяными залежами. Рассчитанные фитоиндикационные статусы видов рода *Sphagnum* могут широко использоваться для целей экологической оценки и прогноза смены растительности олиготрофных и мезотрофных болот. Применяя сфагновые мхи в качестве биоиндикаторов, можно

сэкономить время и средства на проведение прямых измерений физических или химических параметров среды их обитания.

Разработан проект фармакопейной статьи «Дерновина сфагнума бурого». Внедрение результатов исследований биологической активности суммарных комплексов, выделенных из сфагновых мхов, будут способствовать созданию эффективных препаратов и биологически активных добавок на их основе.

Оценка запасов сфагновых мхов позволит рационально использовать богатейшие ресурсы этих растений. Понимание процессов и знание сроков их возобновления могут быть востребованы в нефтегазоносных районах Западной Сибири для восстановления нарушенного растительного покрова болот.

Результаты исследований используются в научно-исследовательской работе и в учебном процессе на кафедре фармакогнозии с курсами ботаники и экологии Сибирского государственного медицинского университета (акт внедрения от 02.10.2008), на кафедре ботаники Томского государственного педагогического университета (акт внедрения от 16.10.2008), на кафедре биологии с экологией и курсом фармакогнозии Красноярского государственной медицинского университета (акт внедрения от 14.11.2008), на кафедре фармакогнозии и ботаники Кемеровской государственной медицинской академии (акт внедрения от 21.11.2008).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано более 40 научных работ, из которых 14 в журналах, рекомендованных ВАК. Изданы монография «Фармакогностическое исследование растений рода Sphagnum» и учебное пособие «Характеристика сфагновых мхов флоры Томской области», получены 3 патента на изобретение.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены и обсуждены на межкафедральных научных семинарах фармацевтического факультета СибГМУ (Томск, 1993–2011), на заседаниях Томского отделения Русского ботанического общества (Томск, 1994, 2010), на международном симпозиуме бриологов (Китай – Nanjing, 2005), на международных научно-практических конференциях: «Физиолого-биохимические аспекты изучения лекарственных растений» (Новосибирск, 1998), «Фармация Казахстана» (Казахстан – Шымкент, 2009), «Фармация: современное состояние, достижения и перспективы» (Казахстан – Алма-Аты, 2010), «Ботанические чтения» (Ишим, 2011), на Российских конференциях (Бийск, 1993; Москва, 1995; Томск, 1995, 2003, 2004, 2005, 2006; 2007, 2010; Ярославль, 1996; Санкт-Петербург, 1998; Барнаул, 2004, 2005; Новосибирск, 2005; Пятигорск, 2005, 2008, 2009; Пермь, 2008; Йошкар-Ола, 2009; Кемерово, 2009; Екатеринбург, 2010).

Работа была поддержана грантом Администрации Томской области «Разработка лекарственных средств на основе сфагнового мха и оценка ресурсной базы Томской области» (2004).

Диссертация выполнена на базе кафедры фармакогнозии с курсами ботаники и экологии Сибирского государственного медицинского университета (СибГМУ, Томск). Отдельные разделы работы были выполнены на кафедрах фармацевтической химии (исследование полисахаридов) и микробиологии (изучение антимикробной активности) СибГМУ, на базе Гербария им. П.Н. Крылова (морфология спор) и кафедре ботаники (экология сфагновых мхов) Биологического института Томского государственного университета, кафедре прикладной физики Физико-технического института Томского политехнического университета и НИИ ядерной физики Томского политехнического университета (элементный состав). Всем сотрудникам, принимавшим участие в исследованиях, автор выражает свою искреннюю признательность. Особую благодарность приношу своему учителю и научному консультанту д.ф.н. С.Е. Дмитруку за поддержку и помощь при выполнении работы. Также хочется отметить неоценимую помощь к.б.н. Е.Я. Мульдиярова, который передал опыт определения видов рода *Sphagnum*. Благодарю д.б.н. Е.Д. Лапшину за возможность участия в совместных экспедициях

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов и списка литературы, изложена на 420 странице машинописного текста, иллюстрирована 79 рисунками, 54 таблицами, имеет 7 приложений. Список литературы включает 285 наименований, в том числе 34 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

Территория исследования находится в пределах Западно-Сибирской равнины, ограничена координатами 56–65° с.ш., 69–88° в.д. Она расположена в пределах трех растительных зон: лесотундры, тайги и подтайги, а также болотных зон: плоскобугристых, крупнобугристых и выпуклых олиготрофных (Шумилова, 1962; Кац, 1971; Романова, 1976; Ермаков, 2003). Средняя заболоченность исследуемой территории около 50%, а в отдельных районах достигает 70–80%. (Глебов, 1988; Елизарова и др., 1999; Lapshina, Bleuten, 2001). Суммарная площадь болот равнины примерно 104 млн. га (Лисс и др., 2001). При этом в моховом покрове болот преобладают виды рода *Sphagnum*.

Глава 2. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ СФАГНОВЫХ МХОВ В МЕДИЦИНЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Интерес к использованию сфагновых мхов всегда резко возрастал во время войн, что являлось следствием недостатка перевязочных материалов и высокой их стоимости. В этих целях мхи применяли во времена наполеоновских войн (1800–1814 гг.) и франко-прусской войны (1870–1871 гг.), широко использовали во время русско-японской (1904–1905 гг., а также во время первой (1914–1918 гг.) и второй мировых войн (1939–1945) (Савич-Любицкая, 1952). В результате активной лечебной практики врачи отмечали следующие положительные качества сфагновых подушечек: легкость, мягкость и упругость; способность прилегать к любым частям тела; легкое удаление с поверхности раны, без ее раздражения; долгосрочность сфагновых повязок (до 10 и даже 14 дней); удобство при транспортировке раненых и больных; равномерное впитывание и удерживание гнойного отделяемого раны всей поверхностью повязки, что способствовало сухости и чистоте раны; способность поглощать газы и увеличивать скорость заживления ран благодаря бактерицидным и лечебным свойствам сфагновых мхов (Виноградов, 1943; Савич-Любицкая, 1943, 1952). Из *S. magellanicum* Н.П. Кирьяновым были изготовлены экстракты, а И.П. Виноградовым из *S. papillosum* – сфагновая мазь, которые способствовали быстрому заживлению гнойных ран (Савич-Любицкая, 1943, 1952). Эти работы впервые показали возможность получения из сфагнума лекарственных препаратов. Позднее у сфагновых мхов были выявлены антигрибковые свойства (Дмитрук, 1991; Зайцева и др., 2000; Бабешина, 2002; Зайцева, 2002; Чаков, 2004).

В настоящее время интерес к практическому использованию сфагновых мхов не утрачен. В стоматологической хирургии рекомендуют применять специализированные марлевые тампоны, внутри которых находится сфагнум, а в педиатрии предлагают использовать подгузники, изготовленные на основе этих растений (Бердников, 1996). Косметологи используют крема с экстрактами сфагновых мхов для усиления кровообращения и смягчения кожи при варикозном расширении вен (Георгиева, 2003).

Глава 3. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись виды рода *Sphagnum* (31 вид). Сбор образцов проводили в экспедиционных условиях, в период с 1991 по 2009 годы, на территории Западно-Сибирской равнины: зона подтайги (болото Чагинское и Кирсановское в окрестностях г. Томска), подзоны южной (болото Бакчарское около с. Плотниково Бакчарского района Томской области), средней (болото Кукушкино и Чистое в

окрестностях Ханты-Мансийска Ханты-Мансийского автономного округа), зона лесотундры (в окрестностях г. Нового Уренгоя, Ямало-Ненецкого автономного округа). Сбор сырья производили ручным способом в естественных местах обитания видов. Собранные образцы сырья высушивали в тени при комнатной температуре в хорошо проветриваемом месте до воздушно-сухого состояния.

При определении видов сфагновых мхов использовали «Определитель листостебельных мхов Арктики СССР» (Абрамова и др., 1961), «Определитель сфагновых мхов СССР» (Савич-Любицкая, Смирнова, 1968), «Определитель листостебельных мхов Томской области» (Мульдияров, 1990), «Флору мхов средней части европейской России» (Игнатов, Игнатова, 2003). Названия моховидных выверены по последнему чек-листу М.С. Игнатова с соавторами (Ignatov et al., 2006), высших сосудистых растений – по С.К. Черепанову (1995) и «Флоре Сибири» (1988–2003).

Для выявления анатомических признаков было сделано 25350 промеров. Измерения листьев и диаметра стебля проводили с помощью измерительной шкалы окуляр-микрометра микроскопа Биолам Р1. Фотографии выполнены с использованием цифрового фотоаппарата Nikon-8400 при увеличениях ×35, 80, 400, 600. Измерение клеток и пор, исследование спор проводили на электронном микроскопе JEM-100 CXII с растровой приставкой ASID-4D (JEOL, Япония). Объекты рассматривали и фотографировали при увеличении ×1000, 3000, 4000 и 10000. Для выявления степени различия образцов различного географического происхождения использовали среднее арифметическое процентных отклонений по каждому из признаков (за 100 процентов приняты значения западно-сибирских образцов мха).

Материалом для исследований также послужили 1347 прямых измерений pH болотной воды и база данных из 1839 полных геоботанических описаний гидроморфной растительности Западно-Сибирской равнины, полученных большим коллективом ботаников преимущественно в ходе выполнения международного проекта по гранту фонда Darwin Initiative "Bogs of Tomsk Province: Inventory, Assessment and Biodiversity Action Plan" (1994–1998 гг) под руководством Sausan Shaw (университет г. Шеффилд, Великобритания) и Е.Д. Лапшиной (Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия), в котором автор принимал участие. Описания были сведены в базу данных с помощью интегрированной ботанической информационной системы IBIS v.6.0, в ней же были подготовлены выборки описаний каждого вида рода *Sphagnum*. Рассчитывая фитоценотические средние по экологическим шкалам применяли модуль градиентного анализа (Зверев, Бабешина, 2009). Для расчетов по факторам увлажнения и трофности (богатства и засоленности) использовали шкалы Л.Г. Раменского с соавторами

(1956), И.А. Цаценкина (Методические указания…, 1974, 1978), Д.Н. Цыганова (1983). Для расчетов по кислотности среды обитания – Э. Ландольта (Landolt, 1977), Г. Элленберга (Ellenberg, 1974) и Д.Н. Цыганова (1983).

Определение элементного состава проводили методом нейтронно-активационного анализа и атомно-эмиссионной спектрометрии (Гос. фармакопея, 1989; Твэлов, 2002; Барсуков, 2005). Содержание радионуклидов определяли гамма-спектрометрическим методом (Хайстингс и др., 1998; Рыжакова и др., 2010). Для обнаружения, разделения и идентификации биологически активных веществ в исследуемых объектах использовали различные качественные реакции, спектральные, хроматографические и другие общепринятые методы анализа. Объекты для химических и фармакологических исследований выделяли, используя различные технологические приемы и извлекатели, отвечающие требованиям Государственная фармакопеи 11 издания (1989).

Все манипуляции с животными были проведены в соответствии с правилами гуманного обращения с животными, регламентированными «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных», утвержденные приказом МЗ СССР № 755 от 12.08.77 г, ФЗ «О защите животных от жестокого обращения» от 1.01.1997 г, а также положениями Европейской конвенции по защите позвоночных животных (Страсбург, 18.03.86 г.). Острую токсичность, противовоспалительную и анальгезирующую активности, ранозаживляющие свойства исследуемого экстракта определяли согласно Руководству по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ (2005 г.).

Исследования урожайности сфагновых мхов выполняли с помощью метода проективного покрытия. Морфолого-анатомические исследования сырья проводили по методикам, изложенным в ГФ XI, вып.1.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили общепринятыми методами с определением средней арифметической (M) и ошибки средней арифметической (m). Результаты исследований обработаны с использованием критерия инверсий Манна-Уитни. Измерение тесноты связи между содержанием химических элементов в различных видах сфагновых мхов и их экологическими оптимумами производили с помощью рангового коэффициента корреляции Спирмена. Использовали пакет статистических программ «Statistica for Windows 6.0».

Глава 4. МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ СФАГНОВЫХ МХОВ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

По литературным данным в состав бриофлоры Западно-Сибирской равнины входит 35 видов рода *Sphagnum L.,* из них 4 вида (*S. annulatum* H. Lindb. ex Warnst., *S. orientale*

L.I.Savicz, *S. perfoliatum* L.I.Savicz и *S. quinquefarium* (Lindb. ex Braithw.) Warnst.) не были рассмотрены, поскольку у нас отсутствовали гербарные образцы и геоботанические описания с их участием на исследуемой территории.

Частоту встречаемости 31 вида, оценивали следующим образом: «часто» – вид встретился более чем в 50 описаниях, «нередко» – число описаний с этим видом – 11–50, «редко» – число описаний 6–10, «единично» – вид встретился в 1–5 описании. В результате анализа геоботанических описаний выявлено, что 14 видов сфагновых мхов встречаются часто, 9 – нередко, 3 – редко, 5 – единично. Преимущественно в северных районах встречается 3 вида, в южных – 6.

В главе приведены подробные морфологические и анатомические описания 31 вида из 8 секций рода *Sphagnum*. В результате выполненных исследований установлено, что виды из секций *Polyclada, Rigida, Sphagnum, Squarrosa* и *Subsecunda* имеют рыхлую дерновину (обычно около 100 особей на 1 дм^2), тогда как представители *Acutifolia*, *Cuspidata* и *Insulosa* отличаются более плотной дерновиной (до 300–400, а у отдельных видов 900–1100 особей на 1 дм^2). Особенностью окраски растений можно считать наличие малиновых или фиолетовых оттенков у большинства видов секции *Acutifolia*, такой оттенок можно встретить у одного из видов секции *Sphagnum.* Отличительным признаком можно считать склеродермис черного цвета, который характерен для монотипных секций *Polyclada* и *Rigida*, а также для отдельных видов секций *Subsecunda* и *Sphagnum*. Оттенки бурого, зеленого и желтого присутствуют у разных видов практически всех секций. Количество веточек в пучке обычно 3–4 (отстоящих 2, свисающих 2–1), исключением являются секции *Polyclada* (6–12), *Rigida* и иногда *Squarrosa* (5–6), кроме того, 5 веточек в пучке можно встретить у отдельных представителей секций *Sphagnum* и *Cuspidata.* Что касается формы и диаметра головки, длины отстоящей веточки и длины стебля между пучками, то они значительно варьируют внутри секций. Эти морфологические признаки можно использовать для описания межвидовых отличий в пределах одной секции и для характеристики рода в целом.

Форма веточных листьев большинства исследованных видов ланцетная или яйцевидная, у некоторых представителей секций *Acutifolia, Cuspidata* и *Subsecunda* они могут быть серповидно изогнуты. У видов секций *Insulosa, Sphagnum*, реже *Subsecunda* листья почти эллиптические сильно вогнутые с завернутым краем. Для *Insulosa* еще характерна вдруг суженно-усеченная и по усеченному краю зубчатая верхушка, а для *Sphagnum* – колпачковидная, тогда как у большинства сфагновых мхов она острая или заостренная, часто с завернутыми краями, образующими носик с зубчиками на конце. Ширина веточных листьев 0,3–1,5 мм, реже до 2–3 мм (секции *Sphagnum* и *Squarrosa*), длина – 0,3–1,5 мм, у некоторых представителей *Acutifolia, Cuspidata, Rigida, Sphagnum* и

Squarrosa – 2–4 мм. Гиалиновые клетки червеобразные, длиной обычно 45–140 мкм, лишь у некоторых видов секций *Acutifolia, Cuspidata* и *Squarrosa* до 160–225 мкм, шириной – 10–30 мкм, иногда (*Rigida* и *Sphagnum*) до 39–47мкм. У представителя секции *Insulosa* гиалиновые клетки веточных листьев наиболее широкие (30,5–58,9 мкм). На наружной поверхности гиалиновые клетки обычно с кольчатыми эллиптическими (длиной 2–10 реже до 20–52,5 мкм, шириной 5–8 мкм, реже до 24,3 мкм) порами, на внутренней – с округлыми (5–23 мкм) иногда с ложными или совсем без пор. Самые мелкие и наиболее крупные поры встречаются у видов секции *Cuspidata,* представители секции *Subsecunda* всегда имеют сравнительно мелкие поры (2,0–8,3×3,5–6,3 мкм). Хлорофиллоносные клетки на поперечном срезе прямоугольные или эллиптические (*Insulosa, Polyclada, Rigida, Sphagnum* и *Subsecunda,* реже *Squarrosa*), треугольные или трапециевидные (у видов секции *Acutifolia*, редко *Sphagnum,* основанием треугольника или широкой стороной трапеции обращены на внутреннюю поверхность листа, у *Cuspidata,* иногда у *Squarrosa* – на внешнюю).

Стеблевые листья длиной обычно 0,5–1,8 мм, у некоторых видов секций *Acutifolia, Cuspidata*, *Sphagnum*, *Squarrosa* и *Subsecunda* до 2,3–3,3 мм, шириной 0,3–1,4 мм, редко (*Squarrosa*) до 1,9 мм. Форма у большинства видов языковидная, шпателевидная, реже треугольная, иногда лопатчатая (*Acutifolia, Cuspidata* и *Sphagnum*) или почти эллиптическая (*Sphagnum* и *Subsecunda*). Верхушка чаще всего тупая бахромчатая, реже острая, основание ушковидно-усеченное. Гиалиновые клетки червеобразные, в верхней части листа часто ромбические с волокнами, некольчатыми порами или без них, но тогда обычно с перегородками.

Диаметр стебля 0,3–0,9 мм, иногда (*Cuspidata*, *Polyclada*, *Sphagnum* и *Squarrosa*) до 1,3–2,0 мм, наиболее тонкий стебель (до 0,6 мм) характерен для видов секции *Subsecunda.* Гиалодермис 1–3-слойный, реже (*Insulosa*, *Sphagnum* и *Squarrosa*) может насчитывать до 4–6 слоев, он четко отграничен от склеродермиса, исключение составляют некоторые виды секции *Cuspidata.* Клетки гиалодермиса прямоугольные или почти квадратные, без пор (*Cuspidata* и *Polyclada*) или иногда с порами, обычно без волокон (кроме секции *Sphagnum*).

В результате сравнения полученных морфометрических показателей гаметофитов рода *Sphagnum* Западно-Сибирской равнины с литературными данными установлена разница по размерам стеблевых и веточных листьев, количеству слоев гиалодермиса и веточек в пучках для аналогичных видов сфагновых мхов, описанных в пределах европейской и арктической флоры России. Она составила 16,8% и 16,6%, соответственно. Наиболее высокий процент отличий выявлен для *S. obtusum* (40,3%), *S. rubellum* (32,0%) и

S. contortum (31,5%). Наименьшие различия выявлены у *S. centrale* (3,4%). Секции в целом имеют отличия в пределах от 22,77% (*Cuspidata*) до 11,1% (*Polyclada*).

Общими признаками спор исследованных видов являются округло-треугольная или почти округлая форма, наличие трехлучевой лезуры и капелек масла на поверхности экзоспория.

По размеру, согласно традиционной классификации, выделяют мелкие (10–25 мкм), средние (25–50 мкм) и крупные (50–100 мкм) споры (Бобров и др., 1983). У исследованных видов они в основном мелкие, споры средних размеров выявлены у 6 видов которые являются представителями трех секций: *Cuspidata* (*S. jensenii*, *S. lindbergii*, *S. majus*, *S. obtusum*), *Rigida* (*S. compactum*), *Sphagnum* (*S. papillosum*). Крупных спор не обнаружено.

Одним из признаков морфологии большинства спор исследованных видов является наличие экваториальной складки. Только споры секции *Acutifolia* характеризуются ее отсутствием, за исключением *S. capillifolium*, у которого складка может быть нечетко выраженной. Радиальные борозды на дистальной стороне споры часто присутствуют у спор видов секций *Cuspidata* (за исключением *S. jensenii*), *Rigida*, *Sphagnum* и отсутствуют у *Acutifolia* (за исключением *S. fimbriatum*), *Insulosa*, *Squarrosa*.

По характеру скульптуры экзоспория споры исследованных видов можно отнести к трем группам: папиллозные, папиллозно-бугорчатые и ровные. К первой группе относятся некоторые представители секции *Cuspidata* (*S. fallax*, *S. flexuosum*, *S. jensenii*, *S. obtusum*, *S. riparium*) и все виды секций *Sphagnum* и *Squarrosa*. Ко второй группе относятся все виды секций *Acutifolia* (за исключением *S. fuscum*), *Insulosa*, *Rigida* и некоторые виды *Cuspidata* (*S. angustifolium*, *S. cuspidatum*, *S. lenense*, *S. lindbergii*, *S. majus*). К третьей группе принадлежит только один вид секции *Cuspidata* – *S. balticum*.

Менее стабильными признаками являются характер поверхности экзоспория (степень зернистости и обилие капелек масла) и равномерность утолщения лучей лезуры.

Глава 5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТЕНИЙ РОДА *SPHAGNUM* ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

Распространение сфагновых мхов самым тесным образом связано с экологическими условиями их местообитания: степенью увлажнения, кислотностью и минеральным питанием, или трофностью. На основании экологической приуроченности болотных растений, в том числе рода *Sphagnum*, классифицируют торф, болотную растительность и в целом болота (Лисс и др., 2001; Лапшина, 2003 и др.). Однако экологические шкалы, разработанные непосредственно для Западно-Сибирской равнины отсутствуют. При

обработке материалов территориально отличающихся от данных, использованных для создания шкал, происходит смещение амплитуд и оптимумов из-за экологической вариабельности видов (Самойлов, 1973; Дідух, Плюта, 1993; Thompson и др., 1993). Кроме того, в существующих шкалах не для всех таксонов есть информация о их экологических предпочтениях.

Нами были рассчитаны фитоиндикационные параметры сфагновых мхов по фактору увлажнения и трофности с помощью трех наиболее востребованных в практике отечественной ботаники стандартных экологических шкал: Л.Г. Раменского (Раменский и др., 1956) и Д.Н. Цыганова (Цыганов, 1983), которые разработаны для Европейской части России и И.А. Цаценкина для Сибири (Методические указания…, 1974, 1978).

Из таблицы 1 видно, что для 8 видов определены экологические оптимумы, которые отсутствовали в шкале Л.Г. Раменского. С участием *S. flexuosum, S. jensenii, S. lindbergii*, *S. riparium* и *S. compactum,* мы имели значительное количество описаний (218, 119, 76, 48 и 30 соответственно). Таким образом, полученные расчетные статусы данных видов сфагновых мхов являются достоверными. Статусы *S. lenense, S. palustre* и *S. aongstroemii* напротив, можно считать только приблизительными, требующими дальнейшего уточнения, так как для каждого из них выборка описаний менее 10 и доля таксонов со статусами в них (особенно для *S. lenense* и *S. aongstroemii*) невысока. Однако даже по этим данным можно сказать, что *S. lenense* предпочитает более сухие местообитания, чем выше упомянутые с ним виды.

Проводя анализ тенденций сдвигов, можно отметить, что для 5 видов расчетные данные с использованием всех трех экологических шкал сместились в одном направлении: статусы *S. fimbriatum, S. fuscum, S. magellanicum S. obtusum* и *S. squarrosum* имеют сдвиг в сторону уменьшения влажности. Сдвиги по ряду видов можно оценить, рассматривая только результаты одной или двух шкал, так как по другим шкалам нет оригинальных данных авторов. Речь идет, в первую очередь, о сдвигах в сторону увеличения влажности для 7 сфагноввых мхов. По двум шкалам определен статус в более увлажненных местообитаниях для *S. fallax, S. riparium, S. contortum* и *S. compactum*, по одной шкале для *S. flexuosum, S. palustre* и *S. aongstroemii.* Только у 4 видов (*S. wulfianum, S. majus, S. jensenii* и *S. centrale*) расчетные статусы сдвинулись в сторону уменьшения влажности по двум шкалам. Для 9 сфагнов (*S. angustifolium, S. balticum, S. capillifolium, S. plathyphyllum, S. rubellum, S. russowii, S. subsecundum, S. teres* и *S. warnstorfii*) расчетные данные по трем шкалам получились противоречивыми.

В результате исследований для 29 видов сфагновых мхов приведены уточненные региональные фитоиндикационные статусы по трем экологическим шкалам увлажнения.

Для 15 видов данные получены впервые хотя бы по одной из трех шкал. У *S. lindbergii* и *S. lenense* ранее не были определены фитоиндикационные статусы по увлажнению ни в одной из вышеупомянутых шкал. Используя шкалу Л.Г. Раменского, мы получаем более "влажную" оценку местообитаний растений: подавляющее большинство видов (21) относятся к экологической свите гидрофитов. Тогда как по расчетным данным шкал И.А. Цаценкина и Д.Н. Цыганова ни одного и один гидрофит, соответственно.

Таблица 1.

Оптимумы видов рода *Sphagnum* по фактору увлажнения на территории Западно-Сибирской равнины

Вид рода *Sphagnum*	Л.Г. Раменский		И.А. Цаценкин		Д.Н. Цыганов	
	1	2	1	2	1	2
S. angustifolium	81,0	87,2	80,5	78,8	15,5	15,5
S. aongstroemii		88,6	75	79,9		15,8
S. balticum	94,5	93,9	82,0	84,0	16,0	16,1
S. capillifolium	80,5	80,6	75,5	73,1	15,5	14,9
S. centrale	94,5	92,9		80,1	16,0	15,9
S. compactum		94,3	73,5	86,0	14,0	16,1
S. contortum	87,0	95,1		83,8	16,0	16,5
S. fallax	91,5	93,7		86,4	16,0	16,1
S. fimbriatum	97,0	94,9	82,5	79,4	16,0	15,4
S. flexuosum		96,6	80,5	82,3		16,0
S. fuscum	86,5	85,3	80,0	77,6	15,5	15,2
S. girgensohnii	80,5	81,3		73,2	16,0	14,8
S. jensenii		97,1	88,0	87,7	17,0	16,9
S. lenense		82,9		76,7		14,8
S. lindbergii		95,5		86,0		16,6
S. magellanicum	89,5	89,0	82,0	79,5	16,0	15,6
S. majus	100,0	98,8		88,4	18,0	17,6
S. obtusum	97,0	96,9	86,5	85,2	16,5	16,4
S. palustre		93,6		81,0	15,5	15,8
S. papillosum	93,5	93,7		85,1	16,5	16,4
S. plathyphyllum	97,0	97,4	84,5	82,9	16,0	16,9
S. riparium		98,4	77,0	81,3	14,5	15,3
S. rubellum	91,5	92,9	79,5	83,1	16,0	15,9
S. russowii	79,5	85,9	81,5	77,7	16,0	15,3
S. squarrosum	100,0	93,0	81,0	78,8	16,5	15,6
S. subsecundum	86,0	95,1	90,0	86,3	16,0	16,4
S. teres	92,5	91,0	80,5	79,4	15,5	15,6
S. warnstorfii	92,0	90,9	80,0	78,7	15,5	15,6
S. wulfianum	84,0	82,7		73,5	16,0	14,7

Примечание: 1– оптимумы авторов шкал, 2 – расчетные оптимумы

Кроме того, проанализировано поведение 7 наиболее распространенных видов сфагновых мхов в отношении фактора увлажнения в трех широтных подзонах лесной зоны Западно-Сибирской равнины. Рямовые виды *S. fuscum* и *S. angustifolium* по расчетным данным трех шкал, становятся менее требовательными к увлажнению, продвигаясь с юга на север. Топяные мхи, постоянно находясь в переувлажненных условиях, или практически не реагируют на изменение растительной подзоны или повторяют кривую количества осадков по этим регионам. Промежуточное положение занимает *S. magellanicum*, который может расти как в более сухих рямовых, так и в топяных сообществах. При этом наиболее наглядную картину дает шкала И.А. Цаценкина.

Особое внимание следует обращать на лимитирующий экологический фактор. Таковым для сфагновых мхов часто будет являться фактор трофности, поскольку влияние увлажнения, рассмотренного ранее, сфагновые мхи способны регулировать. Они накапливают большое количество воды, равномерно ее распределяют и постепенно расходуют. Этому способствует анатомо-морфологическое строение и форма роста в виде дерновины (Смоляницкий, 1971). Иная ситуация характерна для фактора трофности, так как сфагновые мхи имеют лишь бедное атмосферное питание и создать его запас они вряд ли могут. В тоже время, есть сведения об экологической пластичности этих растений по требованиям минерального питания (Храмов, Валуцкий, 1977; Львов, 1973; Мульдияров, 1998).

Нами были рассчитаны фитоиндикационные параметры для 29 видов рода *Sphagnum* по трофности. Они значительно дополнили оригинальные данные шкалы Л.Г. Раменского (табл. 2). *S. compactum, S. fimbriatum, S. flexuosum, S. jensenii, S. lindbergii и S. riparium*, не имеющие авторских статусов, входят в большое количество описаний (30, 38, 48, 218, 119 и 76 соответственно). Следовательно, их расчетные статусы являются достаточно достоверными. Еще 4 вида (*S. aongstroemii, S. lenense, S. palustre и S. wulfianum*) были отмечены в небольшом количестве описаний (14 и менее), и их расчетные статусы требуют дальнейшего уточнения.

Проводя анализ тенденций сдвигов, можно отметить, что для 5 видов (*S. angustifolium, S. balticum, S. fallax, S. fuscum* и *S. girgensohnii*) расчетные данные с использованием всех трех экологических шкал сместились в одном направлении: в сторону увеличения трофности. Сдвиги по ряду видов можно оценить, рассматривая только результаты одной или двух шкал, так как по другим шкалам нет оригинальных данных авторов. По двум шкалам определен статус большего минерального питания для 3 видов (*S. fimbriatum, S. majus* и *S. riparium*), по одной шкале для 5 (*S. aongstroemii S. flexuosum, S. lenense, S. palustre* и *S. wulfianum*). Только у 3 сфагнов (*S. centrale,*

S. jensenii и *S. russowii*) расчетные статусы сдвинулись в сторону уменьшения трофности. Для 10 видов (*S. capillifolium, S. magellanicum, S. obtusum, S. papillosum, S. plathyphyllum, S. rubellum, S. squarrosum, S. subsecundum, S. teres и S. warnstorfii*) сдвиги произошли в разных направлениях.

Таблица 2.

Оптимумы видов рода *Sphagnum* по фактору трофности на территории Западно-Сибирской равнины

Вид рода *Sphagnum*	Л.Г. Раменский		И.А. Цаценкин		Д.Н. Цыганов	
	1	2	1	2	1	2
S. angustifolium	2,0	2,9	5,5	6,8	4,0	4,1
S. aongstroemii		4,6	5,5	7,2		4,4
S. balticum	1,5	1,9	5,0	5,5	3,5	3,6
S. capillifolium	3,5	3,2	5,5	6,8	3,5	3,9
S. centrale	4,5	4,4		7,3	5,0	4,6
S. compactum		2,8	4,5	4,9	4,5	3,9
S. contortum	6,0	5,4		7,4	4,0	4,3
S. fallax	3,0	3,8	4,5	5,8	4,0	4,1
S. fimbriatum		7,0	5,0	7,8	3,0	5,0
S. flexuosum		5,6	5,5	6,8		4,7
S. fuscum	1,5	2,2	4,5	6,0	3,0	3,6
S. girgensohnii	3,5	5,1	6,5	7,7	4,0	4,8
S. jensenii		3,8	6,5	6,5	4,0	4,0
S. lenense		3,9	5,5	6,4		4,0
S. lindbergii		3,5		6,1		3,9
S. magellanicum	2,0	2,9	7,5	7,0	4,0	4,1
S. majus	2,5	2,9		6,6	2,5	3,2
S. obtusum	6,0	5,4	6,5	6,9	4,0	4,2
S. palustre		4,9		7,4	4,5	4,6
S. papillosum	2,5	2,5	6,0	5,9	3,0	3,3
S. plathyphyllum	7,5	7,4	4,5	7,3	7,0	5,1
S. riparium		6,7	6,0	6,4	4,0	4,2
S. rubellum	2,0	2,0	7,0	5,5	3,0	3,5
S. russowii	4,5	4,1	7,5	7,3	4,5	4,5
S. squarrosum	6,0	6,7	7,0	7,9	6,0	5,2
S. subsecundum	6,0	5,4	6,0	6,9	5,0	4,5
S. teres	6,5	5,7	7,0	7,4	5,0	4,7
S. warnstorfii	5,5	5,4	5,5	7,2	3,5	4,4
S. wulfianum		5,4		7,8	4,0	4,8

Примечание: 1– оптимумы авторов шкал, 2 – расчетные оптимумы

В результате исследований для 29 видов рода *Sphagnum* приведены уточненные региональные фитоиндикационные статусы по экологическим шкалам трофности Л.Г. Раменского, И.А. Цаценкина и Д.Н. Цыганова. Для 13 видов данные получены впервые хотя бы по одной из трех шкал. *S. lindbergii* ранее вообще не был определен на

градиенте трофности. Наиболее "бедную" оценку местообитаний исследуемых растений мы получили, используя шкалу Л.Г. Раменского: 9 видов сфагновых мхов относятся к экологической группе ортоолиготрофофитов, 16 к мезоолиготрофофитам и 4 к мезотрофофитам. Тогда как расчетные данные по шкале И.А. Цаценкина и Д.Н. Цыганова распределяют сфагны только по двум группам: мезоолиготрофофитов и мезотрофофитов (9+20 и 17+12, соответственно). При этом все исследуемые виды рода *Sphagnum* входят в две экологические свиты: олиготрофофитов и мезотрофофитов. Учитывая расчетные границы толерантности мест обитания мхов, в условиях евтрофного питания могут расти 4 вида: максимальный статус *S. fimbriatum*, *S. squarrosum*, *S. teres* (по шкале И.А. Цаценкина) и *S. fallax* (по шкале Л.Г. Раменского и Д.Н. Цыганова) соответствует группе мезоуэтрофофитов свиты мегатрофофитов. Однако сдвиг расчетных оптимумов относительно оригинальных значений часто осуществлялся в сторону увеличения трофности видов. Только для *S. russowii* расчетные статусы сдвинулись в сторону уменьшения трофности по всем трем шкалам, и для 6 видов (*S. centrale, S. jensenii, S. papillosum, S. plathyphyllum, S. subsecundum, S. teres*) сдвиг в этом направлении произошел по двум шкалам.

В результате анализа поведения 7 наиболее распространенных видов сфагновых мхов в трех широтных подзонах лесной зоны Западно-Сибирской равнины прямой зависимости уровня их минерального питания от подзоны не выявлено. Есть лишь свидетельство того, что рямовые виды (*S. angustifolium, S. fuscum* и *S. magellanicum*) имеют тенденцию к уменьшению трофности с юга на север, иногда с незначительным улучшением минерального питания в средней тайге. При этом наиболее наглядную картину дают шкалы Д.Н. Цыганова и И.А. Цаценкина.

Следует учитывать, что сфагновые мхи традиционно считают ацидофильными растениями. Более того, в создании кислой среды обитания они сами принимают непосредственное участие (Горожанкина, Константинов, 1999; Прокопьев, 2001 и др.). В результате исследований нами были рассчитаны оптимальные значения pH среды обитания сфагновых мхов по 1347 прямым измерениям на территории Западно-Сибирской равнины.

Кроме того, по геоботаническим описаниям фитоценозов, где проводили измерения pH, рассчитаны оптимумы с помощью трех экологических шкал: Д.Н. Цыганова (1983), Г. Элленберга (1974) и Э. Ландольта (1977). Следует отметить, что экологическая шкала Д.Н. Цыганова разработана для сосудистых растений. Как следствие, статусы видов рода *Sphagnum* в ней отсутствуют. В шкале Г. Элленберга баллы определены только для 3 видов, обитающих на исследуемой территории: *S. capillifolium* (2 ступень), *S. cuspidatum* (1

ступень) и *S. magellanicum* (1 ступень). В шкале Э. Ландольта нет ни одного вида рода *Sphagnum* флоры Западно-Сибирской равнины.

Результаты наших исследований приведены в таблице 3 (виды расположены в порядке увеличения оптимумов, рассчитанных по прямым измерениям). Сходимость между результатами прямых измерений и расчетными по шкалам Д.Н. Цыганова, Г. Элленберга и Э. Ландольта оказалась очень высокой (86, 74 и 76%, соответственно).

Таблица 3.

Оптимальные значения pH среды обитания сфагновых мхов на территории Западно-Сибирской равнины

Вид рода *Sphagnum*	Прямые измерения (1347)		Расчетные оптимумы		
	число измерений	оптимумы	Цыганов	Элленберг	Ландольт
S. lindbergii	63	3,485	4,264	4,221	4,030
S. compactum	19	3,623	4,240	3,953	4,272
S. balticum	109	3,730	4,103	3,692	3,967
S. fuscum	235	3,841	4,650	3,836	4,151
S. rubellum	3	3,950	4,062	3,533	3,738
S. papillosum	106	4,060	4,223	3,763	4,088
S. riparium	55	4,112	5,246	5,214	5,115
S. fallax	249	4,147	4,962	4,786	4,848
S. majus	95	4,183	4,576	4,133	4,596
S. angustifolium	481	4,190	4,972	4,156	4,573
S. jensenii	129	4,199	4,390	4,163	4,396
S. magellanicum	491	4,351	4,768	3,945	4,436
S. flexuosum	46	4,499	5,012	5,109	5,015
S. obtusum	272	4,505	5,039	4,767	4,920
S. subsecundum	125	4,643	5,007	4,693	4,943
S. capillifolium	43	4,872	5,468	4,841	4,623
S. palustre	3	4,873	5,072	4,311	5,047
S. platyphyllum	24	5,028	5,455	5,335	5,309
S. centrale	273	5,094	5,355	4,860	5,000
S. russowii	38	5,107	5,421	4,570	5,043
S. aongstroemii	1	5,270	5,046	4,519	4,877
S. contortum	18	5,421	5,029	4,932	4,770
S. teres	70	5,446	5,501	4,885	5,069
S. fimbriatum	37	5,681	5,850	5,444	5,213
S. squarrosum	180	5,933	5,585	5,206	5,118
S. girgensohnii	23	6,019	5,413	5,215	5,060
S. warnstorfii	407	6,035	5,962	5,325	4,988
S. wulfianum	10	6,230	5,343	5,037	5,090

К группе перацидофильных растений по прямым измерениям pH среды обитания 28-и видов рода Sphagnum относятся 12 видов. По расчетным оптимумам с помощью шкал

Д.Н. Цыганова – 6, Г. Элленберга – 11 и Э. Ландольта – 8 видов. В пределах мезоацидофильной группы находятся оптимумы 10-и, 16-и, 17-и и 20-и видов, согласно расчетам по прямым измерениям и соответственно используемым экологическим шкалам. К субацидофильным – 6 видов по шкале Д.Н. Цыганова и столько же по оптимумам, рассчитанным на основе прямых измерений pH среды, по расчетным оптимумам шкал Г. Элленберга и Э. Ландольта в эту группу не попадает ни один из исследуемых видов. Кроме того, наши исследования показали отсутствие видов в группе гиперацидофильных растений.

Известно, что подкисление субстрата связано ни только с неполным разложением органических веществ и образованием хорошо растворимых в воде фульвокислот, но и с вымыванием атмосферными осадками оснований (Прокопьев, 2001). Следовательно, более кислые условия должны создаваться в топяных сообществах. Подтверждением этому является тот факт, что оптимумы с минимальными значениями pH среды, по нашим расчетам, действительно принадлежат топяным сфагновым мхам (*S. balticum, S. lindbergii* и др.).

Таким образом, на основании обработки большого количества фактического материала, следует отметить, что сфагновые мхи в условиях Западно-Сибирской равнины по pH среды обитания относятся к трем экологическим группам растений, предпочитающим кислую среду обитания (ацедофитам): перацидофильные (pH 3,5–4,5), мезоацидофильные (pH 4,5–5,5), субацидофильные (pH 5,5–6,5). Оптимумы исследуемых растений лежат в пределах 3,5–6,2 значений pH среды обитания.

Глава 6. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СФАГНОВЫХ МХОВ

Широкое распространение и разностороннее применение сфагнового мха издавна вызывало интерес ученых к исследованию его химического состава. Изучение биологически активных веществ сфагновых мхов началось еще в XIX веке (Czapek, 1899). В настоящее время его изучением занимаются специалисты разного профиля (химики, биологи, медики и др.). Все чаще химический состав сфагнового мха исследуют при оценке экологического состояния природы (Ferguson и др., 1984; Santelman, Gorham, 1988; Надеин, Тарханов, 2002 и др.).

Изучение элементного состава растений рода *Sphagnum* может служить двойной цели. Во-первых, для биоиндикации чистоты территории, так как до 50% и более поступающих из атмосферы веществ накапливается в моховом покрове (Нифонтова, 1995). Во-вторых, для использования комплекса макро- и микроэлементов сфагновых

мхов в лечебных целях. Есть предположение, что ранозаживляющие и противогрибковые свойства этих растений связаны с их минеральным составом (Дмитрук, 1991; Лек. сырье раст…, 2006).

Определение элементного состава в видах рода *Sphagnum* на территории Западно-Сибирской равнины проводили методом нейтронно-активационного анализа на исследовательском реакторе ИРТ-Т. В 26 видах рода *Sphagnum* установили содержание 27 элементов. Из них к макроэлементам (концентрация которых в растениях превышает 0,01%) относятся Ca, K, Na, Mn и Fe; к микроэлементам (концентрация от 0,00001 до 0,01%) – As, Ba, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Hf, La, Mo, Rb, Sb, Sc, Sm, Zn, Th, Sr, U; к ультрамикроэлементам (концентрация которых ниже 0,00001%) – Eu, Lu, Tb, Yb (табл. 4.).

Таблица 4.

Усредненные концентрации химических элементов по 26 видам рода *Sphagnum*, (мг/кг)

Элемент	Среднее значение	Элемент	Среднее значение	Элемент	Среднее значение	Элемент	Среднее значение
K	9593±1788,9	Rb	23±3,4	La	0,86±0,24	Hf	0,12±0,031
Ca	2467±260,9	Sr	11±1,7	Cs	0,39±0,06	U	0,11±0,031
Fe	1710±536,6	Br	5,5±0,6	Mo	0,39±0,10	Yb	0,06±0,021
Na	544±68,6	Cr	5,3±1,6	Th	0,18±0,05	Eu	0,03±0,010
Mn	200±28,7	Ce	1,6±0,54	Sm	0,15±0,03	Tb	0,02±0,006
Ba	45±6,5	Co	1,3±0,59	Sc	0,14±0,02	Lu	0,01±0,003
Zn	33±2,4	As	0,91±0,25	Sb	0,13±0,01		

Выбор анализируемых элементов, прежде всего, определяли возможностью метода. Установлено, что у всех исследуемых видов первое место по количеству занимает калий. Его усредненное значение 9593 мг/кг. Такой результат подтверждает ранее опубликованные данные для разных территорий (Карелия, Эстония, Финляндия), свидетельствующие о том, что сфагновые мхи являются концентраторами калия (Максимов, 1982). Известно также, что этот элемент концентрируется в растущих тканях и наибольшее его количество поглощается во время интенсивного нарастания вегетативной массы. Калий играет важную роль в регуляции поглощения и транспорта воды по растению, способствуя гидратации коллоидов цитоплазмы. Присутствие калия необходимо в процессах включения фосфата в органические соединения, для синтеза белков и полисахаридов. Он активирует работу более 60 растительных ферментов. Имеющиеся данные указывают на то, что адсорбируясь на поверхности белков, калий изменяет конформацию их молекул (Медведев, 2004).

Учитывая физиологическую роль элементов в организме человека, их можно разбить на следующие группы: эссенциальные (жизненно-необходиые) элементы (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Se, Zn), условно-эссенциальные (жизненно-важные, но вредные в

определенных концентрациях) элементы (As, B, Br Li, Ni, Si, V), потенциально-токсичные элементы (Ag, Sn, Sr, Te, Ti) и токсичные элементы (Al, Ba, Cd, Pb, Sb). Остальные элементы, обнаруженные в сфагновых мхах, обычно относят к группе с малоизученых или с неустановленной ролью (Скальный, 2004; Скальный, Рудаков, 2004). Концентрируемый сфагновыми мхами калий, относится к группе жизненно необходимых элементов для человека и является важным элементом для деятельности сердечной мышцы.

Исследования элементного состава сфагновых мхов показали, что содержание в них токсичных и условно-токсичных элементов не превышает допустимые нормы для пищевых продуктов и биологически активных добавок.

Для оценки зависимости количественного содержания элементов в исследуемых растениях от их экологической приуроченности, проведено ранжирование концентрации химического элемента и экологических оптимумов каждого из 26 видов. Выявлено, что содержание K, Rb и Zn имеют положительную корреляцию с экологическими оптимумами сфагновых мхов по трофности и кислотности их среды обитания, а концентрация Mn отрицательно коррелирует с увлажнением.

Чтобы оценить влияние изменения природно-климатических условий с юга на север на территории Западно-Сибирской равнины, проведено сравнительное исследование элементного состава сфагновых мхов, отобранных в лесной зоне (подзонах южной и средней тайги) и в зоне лесотундры на верховых олиготрофных болотах. Объектами послужили наиболее распространенные виды: *S. balticum* (топь) *S. angustifolium* и *S. fuscum* (рям). Элементы определяли с помощью атомно-эмиссионной спектрометрии и нейтронно-активационного анализа. Оценку проводили методом двухфакторного дисперсионного анализа (Пустыльник, 1968). Результаты расчетов показали, что природно-климатические условия территорий отбора не оказывают значимого влияния на количественное содержание химических элементов в исследуемых растениях.

Установлено, что по содержанию химических элементов лидирует образец, собранный в июне (сумма рангов 126). В этом месяце установлено максимальное содержание эссенциальных, условно-эссенциальных и токсичных элементов. В майском и сентябрьском образцах сумма ранжированного количества элементов была наименьшей (78,5). Минимальное количество эссенциальных элементов обнаружено в образце, собранном в октябре, условно-эссенциальных и потенциально-токсичных элементов – в мае и сентябре, а наименьшее количество токсичных элементов содержится в майском образце.

Перспектива использования сфагновых мхов в качестве лекарственного сырья ставит задачу по определению содержания в них не только жизненно-важных и токсичных

для человека элементов, но и долгоживущих радионуклидов. Кроме того, считается целесообразным использовать моховидные в целях радиоэкологического мониторинга, поскольку они играют существенную роль, как в первичной аккумуляции радиоактивных веществ (депонировать до 50%), так и при их последующей миграции в пределах биогеоценоза (Hoffman, 1972; Daroczy et al., 1988; Нифонтова, 1997, 2003; Собакин, 2002; и др.). В целом, моховой покров тундровой, лесотундровой и таежной зон Урало-Сибирского региона России имеет средние величины содержания радиоактивных веществ (Sr^{90} и Cs^{137}) от 90 до 350 Бк/кг. При этом максимальное их количество было зафиксировано в конце 50-х начале 60-тых годов, т.е. непосредственно после испытаний ядерного оружия (Нифонтова 1998).

Для анализа влияния природно-климатических условий измерено содержание радионуклидов в образцах *S. fuscum*, собранных в сосново-кустарничково-сфагновых сообществах (рям) разных растительных зон Западно-Сибирской равнины. Оценка влияния природно-климатических условий произведена с помощью критерия Фишера, полученные значения меньше критического, следовательно, значимое влияния природно-климатических условий на содержание радионуклидов отсутствует.

Средние значения удельной активности 21 вида рода *Sphagnum* (табл. 5.) составляют для Ra^{226} – 21 Бк/кг (6,4%), Th^{232} – 12 Бк/кг (3,6%), K^{40} – 242 Бк/кг (73,6%), Cs^{137} – 54 Бк/кг (16,4%). Следует отметить, что основную часть активности составляют радионуклиды естественного происхождения (свыше 80 %), что свидетельствует о незначительном вкладе источников загрязнения искусственными радионуклидами.

Исследования показали, что содержание искусственного радионуклида в образцах сфагновых мхов, не превышает допустимые уровни (ОФС 42-001-03 для лекарственного сырья) и не представляет для потребителей опасности загрязнения радионуклидами. Исключение представляют *S. jensenii* (128 Бк/кг) и *S. majus* (127 Бк/кг). Минимальное значение удельной активности четырех долгоживущих радионуклидов выявлено у *S. warnstorfii,* максимальное – у *S. russowii*.

Кроме того, сфагновые мхи содержат комплекс биологически активных веществ. Наибольший интерес из них представляют фенольные соединения и полисахаридный комплекс, поскольку некоторые фармакологические свойства сфагновых мхов можно связать с их наличием (Юдина и др., 1999; Дмитрук, 2008). В результате исследований было установлено, что общее количество полисахаридов в большинстве исследуемых растений (*S. balticum S. fallax, S. fuscum, S. lenense*) составляет около 10 % от абсолютно-сухого сырья, за исключением *S. girgensohnii*, сумма полисахаридов которого составила

26,0 %. Такое различие между видами, может быть связано с разными условиями мест обитания

Таблица 5.

Значения удельных активностей Ra^{226}, Th^{232}, K^{40}и Cs^{137} в различных видах рода *Sphagnum*, (Бк/кг)

Виды рода *Sphagnum*	Ra^{226}		Th^{232}		K^{40}		Cs^{137}		Σрангов
	Бк/кг	ранг	Бк/кг	ранг	Бк/кг	ранг	Бк/кг	ранг	
S. angustifolium	17±4,0	8,5	5±1,0	3	280±29	16	43±5	7	34,5
S. aongstroemii	20,5±3	12,5	16±2,0	15	168±17	6	1±0,01	1	34,5
S. balticum	9±1,3	4	5±0,6	3	129±13	2	86±8,7	19	28
S. capillifolium	4±1,0	2	19±2	19	260±26	13	83±8	18	52
S. centrale	60±7,3	21	17±2,0	17	150±15,2	5	18±2,1	4	47
S. compactum	36±4,0	19	19±2,0	19	304±30	17	71±7,2	17	72
S. fallax	21±2,7	14	8±1,0	8	255±25	12	52±5,4	11	45
S. fimbriatum	32±4,0	18	16±2,0	15	312±31,6	18	60±6,3	14	65
S. fuscum	18±3,0	10	8±1,0	8	205±21	10	64±6,6	15	43
S. girgensohnii	22±2,5	15	6±1,0	5	225±23	11	16±2,0	3	34
S. jensenii	10±2,0	5	7±1,0	6	147±15	3	128±13	21	35
S. lenense	15±1,9	6	10±1	11	186±19	8	20±2,1	5	30
S. lindbergii	29±3,6	17	16±2,0	15	272±27	15	68±7	16	63
S. magellanicum	16±2,0	7	8±1,0	8	125±13	1	46±4,8	8	24
S. majus	26±3,6	16	13±1,8	12	178±18	7	127±13	20	55
S. papillosum	17±0,8	8,5	5,5±0,2	3	149±2,0	4	50±0,7	9	24,5
S. riparium	20±4,0	12,5	9±1,2	10	498±50	21	57±6,1	13	56,5
S. russowii	48±6,0	20	20±2,4	21	452±46	20	55±6	12	73
S. squarrosum	19±2,5	11	19±2,0	19	328±33	19	25±2,6	6	55
S. subsecundum	7±1,4	3	14±2,0	13	270±27	14	51±5,3	10	40
S. warnstorfii	3±0,4	1	3±0,3	1	196±19	9	10±1,0	2	13
ПДК для лекарственного растительного сырья							100		

Методом перманганатометрического титрования нами определено количество фенольных соединений в 7 наиболее распространенных видах рода *Sphagnum*, собранных в типичных для них сообществах в зоне лесотундры и двух широтных подзонах лесной зоны Западно-Сибирской равнины. Количество фенольных соединений составило 0,4–0,6% от массы абсолютно сухого сырья. Результаты, представленные в таблице 6. показывают, что больше фенольных соединений содержат сфагновые мхи, собранные на территории южной тайги, а к северу их количество уменьшается.

Следует также отметить, что прослеживается тенденция большего накопления фенольных соединений у рямовых мхов (*S. fuscum, S. magellanicum* и *S. angustifolium*) по сравнению с топяными (*S. papillosum, S. balticum, S. lindbergii* и *S. fallax*). Минимальное количество этих биологически активных веществ выявлено в образце *S. fallax* (0,38%),

отобранном в топи лесотундры, а максимальное в образце *S. fuscum* (0,62%) из ряма южной тайги.

Таблица 6.

Проранжированные концентрации фенольных соединений
в зависимости от места сбора сырья, %

вид рода *Sphagnum*	Южная тайга	ранг	Средняя тайга	ранг	Лесотундра	ранг
S. fuscum	0,62±0,050	3	0,59±0,050	2	0,45±0,035	1
S. magellanicum	0,59±0,045	2,5	0,59±0,040	2,5	0,47±0,040	1
S. angustifolium	0,58±0,040	2,5	0,58±0,040	2,5	0,52±0,040	1
S. papillosum	0,57±0,039	3	0,55±0,038	2	0,45±0,032	1
S. balticum	0,57±0,039	3	0,54±0,038	2	0,41±0,028	1
S. lindbergii	0,55±0,038	3	0,53±0,037	2	0,40±0,028	1
S. fallax	0,53±0,037	3	0,52±0,036	2	0,38±0,027	1
		Σрангов 20		Σрангов 15		Σрангов 7

В образцах одного вида (*S. fuscum*), отобранных в местах с разной степенью увлажненности и трофности, можно отметить уменьшение количества суммы фенольных соединений в зависимости от экологической приуроченности. Ряд уменьшения концентраций выглядит следующим образом: рям > высокая гряда > топь.

Сапонины, алкалоиды и дубильные вещества выявлены в сфагновых мхах в следовых количествах, а антраценпроизводные не обнаружены.

Различия в качественном составе между видами как по группам биологически активных веществ, так и по элементному составу, незначительны. Тогда как их количество может зависеть от вида, места и времени сбора сырья. Это обстоятельство, вероятнее всего способно оказать влияние на биологическую активность суммарных комплексов, выделенных из исследуемых растений.

Сфагновые мхи часто используют как противомикробное и сорбирующее средства. При этом в первом случае речь обычно идет о их бактерицидном, а во втором – о влагопоглощающем свойстве. Примером практического использования сорбционных свойств может служить способ очистки гетерогенных материалов (песка, почвы, нефтяного гравия, сточных вод и др.) от нефти, тяжелых металлов, липидов и т.п. (Бенес, 2000; Дегтярев, 2003 и др.).

Выделяют два вида адсорбции: химическая (хемосорбция) и физическая. Физическая – это взаимодействие, протекающее за счет лондонских дисперсионных, диполь-дипольных, индуцированных диполь-дипольных, вандервальсовых сил. Она характерна для широко используемого угля активированного. Химическая адсорбция протекает за

счет спаривания и переноса электронов сорбата и сорбента. На ее уровень, в отличие от физической, большое влияние оказывает pH среды и температура. Это объясняется тем, что данные химические процессы, требуют значительной энергии активации (Энтеросорбция, 1991).

Адсорбенты имеют пористую структуру, при этом различают: макропоры (полостные образования радиусом свыше 200 мкм), мезопоры (от 100 до 1,6 мкм) и микропоры (образования менее 1,6 мкм). Фиксацию молекул адсорбата осуществляют мезо- и микропоры (Лукошко и др., 1989; Энтеросорбция, 1991), такие поры как раз характерны для гиалиновых клеток сфагновых мхов. В них может послойно накапливаться большое количество веществ, имеющих различную структуру. При достаточно плотном сближении активных центров адсорбентов и сорбируемых молекул возможно образование ковалентных связей, то есть хемосорбция.

Сорбционную активность сфагновых мхов измеряли при разной степени измельчения дерновины. Установлено, что она возрастает в 2–3 раза с увеличением степени дисперсности сырья до 0,1 мм. Размер частиц, равный 0,1 мм, рекомендуется ГОСТ-4453-74 для угля активированного. Дальнейшее измельчение технологически нецелесообразно. Скрининг 28 видов сфагновых мхов показал, что все виды имеют высокую сорбционную активность. Только у 5 видов (*S. compactum, S. contortum, S. jensenii, S. subsecundum, S. teres*) она оказалась немного ниже, чем у угля активированного (225,5 мг/г), который был взят как препарат сравнения. Наименьшая сорбционная активность выявлена у *S. contortum* (159,1 мг/г).

Для того чтобы рекомендовать растение к использованию в официальной медицине, следует определить оптимальный срок сбора его сырья. В результате исследований *S. fuscum* и *S. balticum*, которые собирали в течение всего периода вегетации, было выявлено, что все образцы имеют высокую сорбционную активность, однако она снижается на 20–30% при сборе в июне.

Если сопоставить результаты исследования элементного состава и изменения сорбционной активности сфагновых мхов в зависимости от месяца заготовки сырья, наблюдается следующая закономерность: с увеличением суммарного накопления элементов уменьшается сорбционная активность сфагнового мха. В этом случае можно предположить, что с увеличением содержания химических элементов снижается количество свободных группировок, способных сорбировать положительно заряженный радикал метиленового синего (снижение хемосорбции) и фиксируемая сорбция будет протекать в основном за счет физических сил.

Исходя из полученных данных, временем сбора сырья может служить практически весь период вегетации, исключая июнь. Однако, учитывая данные о минимальном содержании потенциально-токсичных и токсичных элементов в сырье сфагновых мхов, наиболее предпочтительными являются май и сентябрь. Принимая во внимание массовое весеннее обводнение болот, следует остановиться на сентябре месяце.

Важным вопросом при использовании лекарственного растительного сырья является срок его хранения. Экспериментально было установлено уменьшение сорбционной активности после трех (*S. fuscum*) и двух (*S. balticum*) лет хранения сырья.

Известно, что высокой сорбционной способностью обладают полисахариды. В результате проведенных исследований установлено, что водорастворимые полисахариды обладают средним (46,7–65,4 мг/г), а пектиновые вещества высоким (123,9–253,2 мг/г) уровнем сорбционной активности. У фракции гемицеллюлоз данный вид активности экспериментально не выявлен. Наибольшая способность к сорбции отмечена для полисахаридов *S. girgensohnii* и *S. fuscum* (253,2 и 231.6 мг/г, соответственно). Кроме того, полисахариды характеризуются наличием противомикробных свойств. В рамках данной работы проводили исследования бактерицидной, бактериостатической и противогрибковой активности в условиях *in vitro* методом двукратных серийных разведений. Противогрибковую активность исследовали в отношении наиболее часто встречающихся возбудителей наружных микозов, таких как *Trichophyton rubrum*, *T. mentagrophytes*, *Microsporum canis*. Водорастворимые полисахариды не проявляли активности даже в предельно большой концентрации (1000 мкг/мл). Пектиновые вещества показали достаточно низкую (125–500 мкг/мл), а гемицеллюлозы (62,5–125 мкг/мл) среднюю противогрибковую активность. Для сравнения использовали водное извлечение из *S. fuscum,* противогрибковые свойства которого были описаны ранее (Бабешина, 2002), и препарат «сангвиритрин».

Суммарный комплекс биологически активных веществ, извлеченный из *S. fuscum*, имеет наиболее высокую противогрибковую активность. В целом, виды произрастающие в менее обводненных условиях, обладают большим противогрибковым эффектом, а топяные мхи проявляют активность сравнимую или меньшую, чем препарат сравнения (Бабешина, 2002). Суммарные комплексы, выделенные из 3 видов сфагновых мхов (*S. fuscum, S. magellanicum* и *S. angustifolium*), собранных в рямах южной и средней тайги, показали высокий уровень противогрибковой активности (3,9–15,6 мкг/мл). Для мхов, собранных в лесотундре, уровень активности снизился (15,6–125 мкг/мл). Вероятно, это связано с тем, что в суровых условиях тундры на растения действует комплекс неблагоприятных факторов, и это отрицательно отражается на накоплении биологически

активных веществ. Сравнивая полученные результаты противогрибковой активности с содержанием фенольных соединений в образцах этих видов, можно отметить положительную корреляцию. Сбор сфагновых мхов целесообразно осуществлять в южной части Западно-Сибирской равнины. Более того, под воздействием вечной мерзлоты в условиях лесотундры, восстановление запасов растений замедляется.

Бактерицидную и бактериостатическую активность проверяли, воздействуя на культуру *Staphylococcus aureus* – наиболее частого возбудителя гнойных инфекций. Единственной фракцией, показавшей противомикробную активность, были пектиновые вещества. У всех исследуемых видов нами установлена их бактериостатическая и бактерицидная активность при концентрациях 250, 125 и 62,5 мкг/мл. Наибольшим противомикробным эффектом, в отношении золотистого стафилококка, обладали пектиновые вещества *S. girgensohnii* и *S. fuscum*: бактериостатический при концентрации 62,5 мкг/мл, бактерицидный при 125 и 62,5 мкг/мл, соответственно. Их действие сравнимо с противомикробным эффектом водных извлечений из *Hypericum perforatum* L. и *S. fuscum.*

Таким образом, в результате наших исследований установлено, что ни только фенольные соединения, но и пектиновые вещества и гемицеллюлозы сфагновых мхов обладают противомикробными свойствами (Бабешина и др., 2011). Наиболее перспективным видом для использования в медицинской практике является *S. fuscum*.

Несмотря на наличие большого ассортимента антибактериальных и противогрибковых средств (метилурациловая мазь, нистатин, сангвиритрин и др.), многие из них обладают побочными эффектами в виде гепато-, нефротоксического действия, аллергических реакций, дисбактерозов. Одним из путей решения данной проблемы является использование антимикробных препаратов растительного происхождения, имеющих значительные преимущества перед синтетическими и полусинтетическими антимикробными средствами: низкая токсичность, отсутствие побочных эффектов, действие на полирезистентные штаммы грамположительных и грамотрицательных бактерий, благоприятное влияние на неспецифическую резистентность организма, наличие противовоспалительного и регенерирующего действия (Дмитрук, 1991, 2008). В связи с этим значительные перспективы использования в медицинской практике имеет экстракт из *S. fuscum.* Экспериментальные исследования показали, что экстракт малотоксичен и обладает выраженным болеутоляющим и противомикробным действием, сравнимым с аналогичными эффектами фармакопейных препаратов. Экстракт *S. fuscum* отличается от аналогов мягким и комплексным действием (Белоусов и др., 2008; Дмитрук

и др., 2010). Способ получения экстракта и ранозаживляющей мази на его основе запатентованы (Дмитрук, Бабешина, Дмитрук, 2010).

Глава 7. РЕСУРСЫ ВИДОВ РОДА *SPHAGNUM*, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ

При заготовке сырья дикорастущих растений возникает необходимость решения целого ряда экологических и биологических вопросов, в первую очередь проведения научно обоснованной оценки запасов. Чтобы определить правила и возможные объемы заготовки сырья, необходимо изучить способность восстановления популяции. Для этого нами были проведены 4-х летние полевые исследования на болотах южной тайги (Бакчарское болото) и подтайги (Чагинское болото) по регенерации сфагновых мхов после заготовки сырья.

Возобновление осуществляется за счет всех частей растения, случайно оставленных на площадке при сборе сырья, за исключением листьев. Несомненный интерес вызывает способность к регенерации вегетативных коричнево-окрашенных частей растений из, считающейся отмершей, нижней части мохового очеса. Многие новые побеги возникают в виде инноваций из придаточных почек на поврежденном стебле вблизи места отхождения стеблевых листьев. Подобные данные были получены ранее для *S. fuscum, S. magellanicum, S. angustifolium*, произрастающих в Томском и Верхнекетском районах Томской области (Бабешина, 2002). Наибольшая скорость восстановления характерна для топяных видов *S. balticum, S. papillosum, S. lindbergii, S. fallax*, которая составит 1–3 года, а для представителей рослого ряма *S. angustifolium* и *S. magellanicum* – 4 года. Восстановление дерновины у *S. fuscum* при выборке сырья до торфа, за 4-летний период наблюдений, составляет до 70%, при выборке до очеса полное восстановление происходит за 2 года. Споровое возобновление, наряду с вегетативным, мы наблюдали только у *S. balticum* на площадках 25×25 см и реже 50×50 см. в незначительных величинах.

Определение запасов сфагновых мхов проводили на ключевом участке «Плотниково» (Бакчарское болото, южная тайга), методом определения урожайности по проективному покрытию (Бабешина, Дмитрук, 2009). Площадь болотных сообществ была рассчитана Е.Д. Лапшиной, при дешифровке аэрокосмических снимков, на исследуемом участке «Плотниково» (Lapshina, Bleuten, 2001). На исследуемом участке ГМК состоит на 50% из гряд, а на 50% из мочажин. Данные средних величин проективного покрытия и массы сырья с 1 дм^2 (величины 1% проективного покрытия) представлены в таблице 7.

Таблица 7.

Средние значения проективного покрытия и массы сырья с 1 дм^2

Вид	Место-обитание	S заросли, га	Средняя величина проективного покрытия, %	Средняя масса сырья с 1 дм^2, г
S. fuscum	Рям и рямовые сообщества ГМК	13263	71,3 ±2,1	47,2 ± 4,2
S. balticum	ГМК	3844	42,1 ± 0,8	16,2 ± 1,5
S. papillosum			29,8 ± 2,2	37,8 ± 3,3
S. lindbergii			14,2 ± 2,3	22,5 ± 2,1
S. fallax			13,8 ± 1,6	7,4 ± 0,6
S. angustifolium	Рослый рям	3428	34,7 ± 0,7	21,7 ± 2,2
S. magellanicum			39,3 ± 1,4	18,1 ± 1,6

Анализируя данные таблицы 8, показатели биологического и эксплуатационного запасов и объемы ежегодной заготовки сырья у *S. fuscum* превышают показатели остальных исследуемых видов и составляют 489,4 тыс. т, 404,5 тыс. т и 36,8 тыс. т соответственно.

Таблица 8.

Урожайность и биологический запас наиболее распространенных видов сфагновых мхов на исследуемом участке «Плотниково»

Вид рода *Sphagnum*	Урожайность (т/га)	Биологический запас, (тыс. т)	Эксплуатацион-ный запас, (тыс. т)	Объем ежегодной заготовки, (тыс. т)
S. fuscum	33,7 ± 3,2	489,4	404,5	36,8
S. balticum	6,8 ± 0,6	28,4	23,8	6,0
S. papillosum	11,3 ± 1,3	48,4	38,4	9.6
S. lindbergii	3,2 ± 0,6	14,6	10,0	2,5
S. fallax	1,0 ± 0,2	4,6	3,1	0,8
S. angustifolium	7,5 ± 0,8	28,5	23,0	4,6
S. magellanicum	7,1 ± 0,7	26,7	21,9	4,4
Всего:		640,6	524,7	64,7

Всего по исследуемому участку «Плотниково» эксплуатационный запас 7 наиболее

распространенных видов составляет 524,7 тыс. т, а объем ежегодных заготовок – 64,7 тыс. т. Если экстраполировать полученные данные на территорию Томской области, то получаем следующее: на исследуемом участке «Плотниково» верховыми болотами занято 0,03 млн. га (Lapshina, Bleuten, 2001; Лапшина, 2004), а общая площадь верховых болот Томской области составляет 5,6 млн. га (Торфяные ресурсы, 1982), то эксплуатационный запас сырья наиболее распространенных видов сфагновых мхов может составить 87,5 млн. т, а объем заготовок – 6,1 млн. т в год.

На основании оценки запасов, биологической активности, а так же легкости идентификации и заготовки, наиболее перспективным к использованию в медицинской практике является *S. fuscum.*

Выводы:

1. На территории Западно-Сибирской равнины зарегистрирован 31 вид рода *Sphagnum* L. из 8 секций. При этом 14 видов сфагновых мхов (45%) встречаются часто, 9 (29%) – нередко, 3 (10%) – редко и 5 (16%) – единично. Преимущественно в северных районах встречается 3 вида, в южных – 6.
2. Морфологическими отличиями исследованных видов являются: достаточно рыхлая дерновина (около 100 особей на 1 дм^2) у представителей секций *Polyclada*, *Rigida*, *Sphagnum*, *Squarrosa* и *Subsecunda* и плотная у видов секций *Acutifolia*, *Cuspidata* и *Insulosa* (до 300–400, а у отдельных видов более 1000 особей на 1 дм^2); наличие малиновых или фиолетовых оттенков у большинства видов секции *Acutifolia* и у одного вида секции *Sphagnum*; склеродермис черного цвета у монотипных секций *Polyclada* и *Rigida*, а также у отдельных видов секций *Subsecunda* и *Sphagnum*; число веточек в пучке 6–12 у секции *Polyclada*, 5–6 – *Rigida*, иногда *Squarrosa*, 5 – у некоторых видов секций *Sphagnum* и *Cuspidata*. Разница морфометрических показателей видов рода *Sphagnum* Западно-Сибирской равнины с литературными данными по Арктике и Средней Европе составляет 16,8% и 16,6%, соответственно.
3. Размеры гиалиновых клеток веточных листьев у большинства исследуемых видов 45–140×10–30 мкм, с порами 2–10×5–8 мкм, реже до 20–52,5×20–24 мкм. Самые мелкие и наиболее крупные поры встречаются у видов секции *Cuspidata*, представители секции *Subsecunda* всегда имеют сравнительно мелкие поры (2,0–8,3×3,5–6,3 мкм). Диаметр стебля чаще всего 0,3–0,9 мм, у некоторых видов секций *Cuspidata*, *Polyclada*, *Sphagnum* и *Squarrosa* до 1,3–2,0 мм, наиболее тонкий стебель (до 0,6 мм) характерен для видов секций *Subsecunda*.
4. Большинство видов рода *Sphagnum* (74%) на исследуемой территории образуют спорогоны. Споры 17 видов по своим размерам являются мелкими (до 25 мкм), а у

6 видов – средними (до 28–32 мкм). По характеру скульптуры экзоспория отнесены к трем группам: папиллозные (секции *Sphagnum*, *Squarrosa*, некоторые виды *Cuspidata*), папиллозно-бугорчатые (*Acutifolia*, *Insulosa*, *Rigida* и некоторые виды *Cuspidata*) и ровные (вид секции *Cuspidata* – *S. balticum*). Споры видов секции *Acutifolia* не имеют экваториальной складки. Радиальные борозды на дистальной стороне споры часто присутствуют у видов секций *Cuspidata, Rigida, Sphagnum* и обычно отсутствуют у *Acutifolia, Insulosa* и *Squarrosa*.

5. Рямовые виды *Sphagnum fuscum* и *S. angustifolium*, продвигаясь с юга на север Западно-Сибирской равнины становятся менее требовательными к увлажнению. У топяных мхов *S. balticum, S. fallax, S. jensenii* и *S. papillosum*, приуроченных к постоянно переувлажненным условиям, оптимум не изменяется или несколько сдвигается в более влажную сторону с увеличением среднегодового количества осадков на территории. Промежуточное положение занимает *S. magellanicum*, который может расти как в более сухих рямовых, так и в топяных сообществах. Прямой зависимости уровня минерального питания сфагновых мхов от подзоны не выявлено. Оптимумы значений pH болотной воды для видов *Sphagnum* Западно-Сибирской равнины лежат в пределах 3,5–6,2.
6. Изменение природно-климатических условий мест произрастания сфагновых мхов с юга на север исследуемой территории не оказывает существенного влияния на содержание в них химических элементов и долгоживущих радионуклидов. Свыше 80 % радиоактивности мхов составляют радионуклиды естественного происхождения. Средние значения удельной активности составляют для Ra^{226} – 21 Бк/кг (6,4%), Th^{232} – 12 Бк/кг (3,6%), K^{40} – 242 Бк/кг (73,6%), Cs^{137} – 54 Бк/кг (16,4%).
7. Содержание K, Rb и Zn имеет положительную корреляцию с экологическими оптимумами сфагновых мхов по трофности и кислотности их среды обитания, а концентрация Mn отрицательно коррелирует с увлажнением.
8. Сапонины, алкалоиды и дубильные вещества присутствуют в исследованных видах в следовых количествах. Содержание фенольных соединений (фенолокислоты, флавоноиды и кумарины) составляет 0,4–0,6% и положительно коррелирует с противогрибковой активностью водных экстрактов сфагновых мхов. Содержание полисахаридов (водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества и гемицеллюлозы) составляет от 9,5–10,7 % (*Sphagnum balticum S. fallax, S. fuscum, S. lenense*) до 26,0% (*S. girgensohnii*). Количественно преобладающая фракция пектиновых веществ показала высокую противомикробную и

сорбционную активность и может быть рекомендована для разработки на ее основе фитопрепаратов.

9. Дерновина большинства (22) видов исследованных мхов при измельчении 0,1 мм обладает сорбционной активностью выше чем у угля активированного (225,5 мг/г).
10. Перспективным объектом для разработки новых фитопрепаратов является *Sphagnum fuscum*. Сочетание противовоспалительной и анальгезирующей активности, ранозаживляющих свойств, антибактериального и антифунгального действий водно-этанольного экстракта из этого растения, делает его использование рациональным в комплексной терапии раневых и воспалительных процессов, ожоговых поражений кожи, инфицированных ран. Высокая сорбционная активность дает возможность создания на его основе сорбционных материалов.
11. Скорость восстановления дерновины после заготовки имеет четкую зависимость от вида мха и размеров нарушенного участка. Быстрее всего (1–3 года) восстанавливаются топяные мхи: *Sphagnum balticum, S. papillosum, S. lindbergii* и *S. fallax*. Наибольшая скорость восстановления, при выборке их сырья на площади 50×50 см и менее, характерна для топяных видов *S. balticum, S. papillosum, S. lindbergii, S. fallax* и составляет 1–3 года. Для представителей рослого ряма *S. angustifolium* и *S. magellanicum* – 4 года. Восстановление дерновины у *S. fuscum* при выборке сырья до торфа за 4-летний период наблюдений составляет до 70%, при выборке до очеса полное восстановление происходит за 2 года. Эксплуатационный запас сырья наиболее распространенных и перспективных для использования видов сфагновых мхов составляет более 80, а объем заготовок более 6 млн. т. в год.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук В.Н., Келус Н.В. Характеристика сфагновых мхов флоры Томской области: учебное пособие.– Томск.: ОАО ТМДЦ «Технопарк», 2008.– 92 с.

2. Дмитрук В.Н., Белоусов М.В., **Бабешина Л.Г.** Фармакологическое исследование растений рода *Sphagnum*: монография.– Германия: Изд-во Lambert, 2011.– 261с.

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

3. Белоусов М.В., Ахмеджанов Р.Р., Юсубов М.С., Дмитрук В.Н., **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук С.Е. Фармакологическая активность этанольного экстракта из сфагнума бурого (*Sphagnum fuscum* (Shimp) Klinggr) // Химия растительного сырья.– 2008.– № 3.– С. 129–134.

4. **Бабешина Л.Г.**, Дмитрук В.Н. Оценка запасов сфагновых мхов Томской области // Вестник Томского государственного университета.– 2009.– № 328.– С. 183–187.

5. **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук В.Н. Сравнительный анатомо-морфологический анализ сфагновых мхов Томской области // Вестник Томского государственного университета.– 2009.– № 329.– С. 224–231.

6. Зверев А.А., **Бабешина Л.Г.** Оценка экологических условий местообитаний мхов рода *Sphagnum* Западно-Сибирской равнины по ведущим экологическим факторам: материалы и методические подходы // Вестник Том. гос. ун-та.– 2009.– № 325.– С. 167–175.

7. Келус Н.В., **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук С.Е., Субботина Н.С., Никифоров А.А. Адсорбционная активность сырья водно-болотных растений Западной Сибири // Бюллетень сибирской медицины.– 2009.– т.8.– № 4.– С. 37–40.

8. **Бабешина Л.Г.,** Зверев А.А. Оценка условий местообитаний сфагновых мхов Западно-Сибирской равнины: фактор трофности // Вестник Томского государственного университета.– 2010.– № 338.– С. 185–194.

9. **Бабешина Л.Г.,** Зверев А.А. Оценка условий местообитаний сфагновых мхов Западно-Сибирской равнины: фактор увлажнения // Вестник Томского государственного университета.– 2010.– № 331.– С. 185–192.

10. **Бабешина Л.Г.,** Кузнецов А.А. Морфология спор и спорогонов сфагновых мхов секции *Acutifolia* Wils. Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология.– 2010.– № 4(12).– С. 44–50.

11. **Бабешина Л.Г.,** Кузнецов А.А. Морфология спор и спорогонов сфагновых мхов секции *Cuspidata* (Lindb.) Schlieph. Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология.– 2010.– № 3(11).– С. 5–11.

12. Рыжакова Н.К., **Бабешина Л.Г.,** Меркулов В.Г., Рогова Н.С., Результаты определения элементного состава сфагновых мхов ядерно-физическими методами // Известия вузов. Физика.– 2010.– т.53.– № 11/2.– С. 70–73.

13. Субботина Н.С., Дмитрук С.Е., **Бабешина Л.Г.,** Келус Н.В., Никифоров Л.А., Носкова Г.Н., Тартынова М.И. Исследование исходного сырья и экстрактов на содержание тяжелых металлов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Биология, клиническая медицина – 2010.– т.8.– вып. 3.– С. 92–98.

14. **Бабешина Л.Г.,** Горина Я.В., Колоколова А.П., Краснов Е.А., Карпова М.Р. Исследование полисахаридов некоторых видов рода *Sphagnum* L. // Журнал Сибирского федерального университета. Химия.– 2011.– № 3.– С. 413–422.

15. **Бабешина Л.Г.,** Рогова Н.С., Рыжакова Н.К., Зверев А.А., Меркулов В.Г. Корреляционная зависимость между содержанием химических элементов в сфагновых мхах и их экологическими оптимумами по трофности и увлажнению // Вестник Томского государственного университета. Биология.– 2011.– № 2(14). – С. 122–131.

16. Рыжакова Н.К., **Бабешина Л.Г.,** Рогова Н.С. Изучение аккумуляционной способности сфагновых мхов относительно долгоживущих изотопов // Химия растительного сырья.– 2011.– № 1.– С. 163–167.

Публикации в других научных изданиях

17. **Бабешина Л.Г.,** Гусев И.Ф., Дмитрук С.Е. Перспективы использования БАВ растений рода сфагнум в дерматологии // Поиск, создание и изучение новых лекарственных средств растительного и синтетического происхождения.– Бийск.– 1993.– С. 53–54.

18. **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук С.Е., Мульдияров Е.Я. Фармацевтические аспекты использования сфагнового мха // Чтения памяти Ю.А. Львова. – Томск.– 1995.– С. 254–257.

19. **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук С.Е., Гусев И.Ф. Поиск источников БАВ противогрибкового действия среди сфагнов Томской области // Современные изыскания в области фармации.– Ярославль.– 1996.– С. 112–113.

20. Дмитрук С.Е., Карбышев А.В., **Бабешина Л.Г.** Поиск антигрибковых средств среди БАВ торфа и его образователей // II Российский национальный конгресс "Человек и лекарства": Тез. докл. – М., 1995.– С. 234.

21. Мульдиров Е.Я., **Бабешина Л.Г.** Экология и продуктивность сфагновых мхов, используемых в качестве лекарственного сырья // Проблемы изучения растительного покрова Сибири. – Томск, 1995.– С. 107–111.

22. Карбышев А.В., Дмитрук С.Е., **Бабешина Л.Г.,** Исматова Р.Р. Биологически активные вещества и антигрибковые свойства сфагновых мхов, торфа и сопропелей. // Физиолого-биохимические аспекты изучения лекарственных растений: Материалы международного совещания, посвященного памяти В.Г. Минаевой.– Новосибирск, 1998.– С. 28.

23. **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук С.Е., Мульдияров Е.Я., Калинкина Г.И. Ресурсно-сырьевой потенциал сфагновых мхов Томской области // Физиолого-биохимические аспекты изучения лекарственных растений: Материалы международного совещания, посвященного памяти В.Г. Минаевой.– Новосибирск, 1998.– С. 12–13.

24. **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук С.Е., Мульдияров Е.Я., Калинкина Г.И Оценка запасов *Sphagnum fuscum* (*Sphagnaceae*) Томской области // Проблемы ботаники на рубеже XX–XXI веков: Тез. докл. II (X) съезду Российского ботанического общества 26–29 мая 1998 г.– С-Пб, 1998, т.1.– С. 331.

25. **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук В.Н., Дмитрук С.Е. Экологические группы сфагновых мхов Томской области // Автоматизированные системы обработки информациии, управления и проектирования: докл. Томского гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – Томск, ТУСУР, 2004. – Т. 9, № 1. – С. 61–63.

26. **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук В.Н., Репишева Е.Н., Охотина Н.С. Продуктивность сфагновых мхов Современные проблемы фармакологии и фармации // Материалы всероссийской науч. практич. конф. – Новосибирск, 2005.– С. 451–453.

27. **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук В.Н., Дмитрук С.Е., Охотина Н.С., Корж А.Е. Экология сфагновых мхов Томской области и перспективы их использования в медицине // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: Материалы 2 всероссийской конф. – Барнаул, 2005.– Книга 2.– С. 646–649.

28. **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук В.Н., Дмитрук С.Е. Экспериментальное обоснование применения сфагнового мха в народной медицине // «Лекарственные растения в фармакологии и фармации» / Науч. конф. посв. 50-летию Алтайского гос. медицинского университета. – Барнаул, 2005.– С. 20–21.

29. **Babeshina L.G.,** Parshina E.K. Questions of restoration of sphagnum moss // International Briological Symposium for Prof. Pan-Chieh Chen′s Centennial Birthday. Nanjing, China, 2005. P. 77–78.

30. Дмитрук В.Н., **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук С.Е., Куркин В.А., Корж А.Е. Элементный состав растений рода сфагнум // Разработка исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции. – Пятигорск, 2005, вып. 60.– С. 27–29.

31. Келус Н.В., Музыра Ю.А., **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук В.Н. Исследование рынка энтеросорбентов и перспективы их поиска среди лекарственного растительного сырья //Современные проблемы фармакологии и фармации: тез. докл. всероссийской науч.-практич. конф. – Новосибирск, 2005.– С. 469–472.

32. **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук В.Н., Дмитрук С.Е., Охотина Н.С., Репишева Е.Н. Биоэлементы сфагновых мхов // Новые достижения в создании лекарственных средств растительного происхождения: Материалы всероссийской науч.-практич. конф., посв. 100-летию со дня рождения проф. Л. Н. Березнеговской. – Томск, 2006.– С. 44–51.

33. Келус Н.В., **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук В.Н. Изучение адсорбционной способности сфагнового мха // Новые достижения в создании лекарственных средств растительного

происхождения: Материалы всероссийской науч.-практич. конф., посв. 100-летию со дня рождения проф. Л. Н. Березнеговской. – Томск, 2006.– С. 165–169.

34. Дмитрук В.Н., **Бабешина Л.Г.,** Дмитрук С.Е., Белоусов М.В., Ахмеджанов Р.Р., Келус Н.В. Обоснование перспективы комплексного применения сфагнового мха в медицинской практике / Новые достижения в создании лекарственных средств растительного происхождения: Материалы всероссийской науч.-практич. конф., посв. 100-летию со дня рождения проф. Л. Н. Березнеговской. – Томск, 2006.– С. 89–93.

35. Охотина Н.С., **Бабешина Л.Г.,** Федотова М.Д., Никифоров Л.А. Поиск новых эффективных энтеросорбентов растительного происхождения // Разработка исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции. – Пятигорск, 2008, вып. 63.– С. 77–78.

36. **Бабешина Л.Г.,** Келус Н.В., Федотова М.Д., Исследование химического состава *Sphagnum fallax* // Современное состояние и пути оптимизации лекарственного обеспечения населения. – Пермь, 2008.– С. 173– 175.

37. Охотина Н.С., **Бабешина Л.Г.,** Никифоров Л.А. Содержание йода в некоторых болотных растениях Томской области // Разработка исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции. – Пятигорск, 2009, вып. 64.– С. 110.

38. **Бабешина Л.Г.,** Субботина Н.С., Келус Н.В., Дмитрук С.Е. Никифоров Л.А. Элементный состав водно-болотных растений // Фармация Казахстана. Материалы международной научно-практической конференции. Шымкент, Казахстан, 2009.– т.1. – С. 208–211.

39. **Бабешина Л.Г.,** Горина Я.В., Краснов Е.А., Колоколова А.П. Исследование полисахаридов сфагнового мха // «Фармация: современное состояние, достижения и перспективы» сборник материалов международной научно-практической конференции. – Алма-Аты, Казахстан, 2010.– С.195–196.

40. **Бабешина Л.Г.,** Субботина Н.С., Горина Я.В., Рыжакова Н. К., Метляева С. Г. Содержание серебра в сфагнуме буром, вахте трехлистной и звездчатке средней // Фармация и общественное здоровье. Материалы ежегодной конференции. – Екатеринбург, 2010.– С. 214–216.

41. Зверев А.А., **Бабешина Л.Г.** Экологическая оценка местообитаний сфагновых мхов Западно-Сибирской равнины // Ботанические чтения. Материалы международной научно-практической конференции. – Ишим, 2011 – С. 37–38.