

Российский открытый молодежный водный конкурс

Исследовательская работа

**«Влияние климатических изменений на обводненность
низинных болот»
(Ачинско-Боготольской лесостепи в голоцене)**

Выполнила: Олейник Маргарита Денисовна
Россия, г. Тюмень
ТГУ Институт Геологии и Нефтегазодобычи,
Группа ИСАУб-22, 2 курс
e-mail: oleinikmargari@yandex.ru

Руководитель: Муковозчикова Елена Николаевна
МБУДО «Дом детского творчества»,
педагог доп. образования
e-mail: ddt.bog@mail.ru

Тюмень, 2024

Аннотация

Важным аспектом для определения закономерных изменений окружающей среды является гидрологический баланс территории. Источником информации могут стать торфяники, хранящие информацию о динамике растительности, климатических и гидрологических тенденциях периода торфонакопления. Предполагается, что обводненность низинных болот на территории Ачинско-Боготольской лесостепи изменялась в течение голоцена и находилась в прямой зависимости от локальных температурных показателей и степени увлажнения территории.

Цель работы: реконструкция гидротермических условий формирования низинных болот в голоцене на территории Ачинско-Боготольской лесостепи на основе палеоботанического анализа торфа. Палеоботаническими методами и методами климатостратиграфического анализа, стратиграфической корреляции, на основании экологических шкал увлажнения Раменского было выявлено, что отложение торфа в пойме р. Боготольчик началось в середине суббореального периода около 4000-3500 лет назад. Климатические изменения, происходившие в голоцене, проявились в свойствах торфяной залежи болота. Основными видами являются травянистый и древесно-травянистые виды торфа, в которых господствуют растительные остатки осок, рогоза узколистного, тростника. В разных частях торфяника соотношение в пробах древесных остатков не одинаковое. Торфяную залежь можно отнести к лесотопяному и топяному подтипам.

Палеоботанический анализ проб трех разрезов отложений торфяника в пойме р. Боготольчик позволяет выделить четыре этапа в развитии климата и формирования низинных болот Боготольского участка Ачинско-Боготольской лесостепи в голоцене. Климатические ритмы носили изменчивый характер: происходило чередование сухих (SB-1) и влажных периодов (AT-2, SB-2), а также изменение температурного режима. Выявлена закономерность в изменении стабильности водного питания и климатических показателей, о чём свидетельствует ботанический и палинологический состав торфов. В настоящее время происходит усиление заболачивая, формирование топяного торфа слабой степени разложения и высокой скорости торфонакопления. тация

Введение

Актуальность. На сегодняшний день о глобальном изменении климата свидетельствуют многочисленные факты, благодаря чему его тенденция в сторону потепления является очевидной. Изменение климата затронули многие климатические параметры и природные экосистемы. Важным аспектом закономерностей изменений окружающей среды является гидрологический баланс территории. Для выявления закономерностей изменения водного баланса экосистемы источником информации могут стать болота, а точнее торф, хранящий информацию о динамике растительности, климатических и гидрологических тенденциях периода торфонакопления [1].

На территории Западной Сибири площадь заболоченных территорий велика. Болотные системы, играют большую роль в природе. Они являются фильтрами для впадающих в них ручьев и рек, отчищая их от нагрузки, вызванной антропогенным влиянием. Болото не даёт углекислому газу выделяться в атмосферу, чем сохраняет количество кислорода. При образовании торфа за счёт неполного разложения растений-торфообразователей, накопивших в себе энергию солнца и углекислый газ в виде органической массы, происходит «захоронение» углерода. Данный процесс очищает атмосферу от избытка диоксида углерода [1]. Болота чувствительны к климатическим колебаниям, благодаря чему являются носителями информации об изменении водного уровня. На основе данных анализа о палеоботаническом составе торфяника можно выделить климатические и гидрологические ритмы. Болота на территории Сибири начали формироваться примерно 10-12 тыс. лет назад. Периодом, на котором возможно выявление циклов изменения состояния низинных болот, их зависимость от климата будет являться голоцен.

Проблема в том, что первые метеонаблюдения в Сибири, которые позволяют оценить состояние болотных экосистем стали проводиться с 30-х годов прошлого века только на метеостанциях крупных городов. При отсутствии длительного мониторинга одними из источников данных о климатических ритмах в голоцене и его влиянии на обводненность болот могут стать торфяники [2]. Учитывая, что изменение климата в Сибири не носило общий характер, а имело различия в зависимости от географического положения, рельефа территории, особенностей климатической зоны и антропогенного фактора, изменение водного режима низинных торфяников в голоцене на территории Ачинско-Боготольской лесостепи нам неизвестно и требует рассмотрения.

Предполагается, что обводненность низинных болот на территории Ачинско-Боготольской лесостепи изменялась в течение голоцена и находилась в прямой зависимости от температурных показателей и степени увлажнения территории.

Объект исследования: низинное болото в пойме р. Боготольчик, палеоботанический состав торфа. Предмет исследования: влияние климатических изменений в голоцене на водный палеорежим низинных болот Ачинско-Боготольской лесостепи.

Цель работы: реконструкция гидротермических условий формирования низинных болот в голоцене на территории Ачинско-Боготольской лесостепи на основе палеоботанического анализа торфа. Задачи: 1. заложить пробные площадки на болотном массиве для отбора проб торфа на всю глубину; 2. определить ботанический состав образцов торфа; 3. на основании экологических шкал увлажнения Раменского по растениям – эдификаторам выделить фазы в развитии болота; 4. определить климатические циклы на территории Боготольского участка Ачинско-Боготольской лесостепи и их влияние на обводненность торфяника в голоцене.

Разработанность проблемы. История человечества полностью укладывается в эпоху голоцена четвертичного периода. Его отсчитывают с начала постепенного отступления последнего оледенения около 15 тыс. лет назад [3]. В настоящее время принята периодизация голоцена на основе климатических циклов, характерными признаками которых стали степень увлажнения, а также температурные характеристики. На основе схемы Блитта-Сернандера выделяют периоды голоцена: древний голоцен (ранее 10 300 лет назад), бореальный и пребореальный периоды (8000-10 300 лет назад), атлантический, который называют климатическим оптимумом (5000-8000 лет назад), суббореальный (2500-5000 лет назад) и субатлантический (0-2500 лет) [4]. В Красноярском крае большой вклад в изучение климата внесла профессор Г.Ю. Ямских, которая по результатам исследования торфяников пришла к выводу о том, что изменение климата в голоцене не носило общий характер для всей территории Сибири. На различных территориях под влиянием азональных факторов существовали его локальные отличия [5]. А.В. Гренадерова в своей монографии дала характеристику изменения климата в голоцене Канской и Красноярской лесостепей по ботаническому составу торфа, в результате чего были выделены основные климатические ритмы [6]. Л.И., Инишева, О.Л Лисс по результатам изучения торфов северо-восточных отрогов Васюганского болота указывают, что водный палеорежим изучаемых торфяных

залежей имел асинхронный характер, свидетельствующий о разном режиме увлажнения в одни временные интервалы [7].

Новизна работы заключается в том, что впервые были изучены ботанический состав торфяных отложений данной территории, дана характеристика видов торфа, определены растения-торфообразователи, группы ассоциаций, участвующие в формировании растительного покрова болот в разное время. По результатам палеоботанического анализа определены климатические циклы и изменение водного режима низинных болот Ачинско-Боготольской лесостепи.

Результаты исследований опубликованы в сборниках по итогам международных научных форумов «Шаг в будущее», «Всероссийского конкурса им. В.И. Вернадского» [8].

Методы исследования

При исследовании болота в пойме р. Боготольчик и торфяных отложений использовались следующие методы. Картографический - анализ топографических карт и спутниковых снимков Google Earth. Были определены размеры и форма болота. Изучен водный режим ручья. Собран гербарий растений и определён их вид по определителю растений юга Красноярского края М.И. Бегляновой [9]. На торфянике в пойме р. Боготольчик с трёх пробных площадок через каждые 15 см. из торфяного разреза и с помощью бура было отобрано 55 образцов торфа (Рис.1,2).



Рис. 1. Фрагмент спутниковой карты Google восточной окраины г. Боготола с указанием мест отбора проб торфа(<https://maps.google.ru/maps>)

В полевых условиях была проведена оценка степени разложения торфа. Из отобранных образцов торфа были приготовлены микропрепараты по ГОСТ 5396-77

[10]. Полученные образцы рассматривались под цифровым и оптическим микроскопом (Рис.3,4). Сделано более 100 цифровых фотографий растительных остатков, определён состав торфа по определителю авторов Н.Я. Кац, С.В. Кац, Е.И. Скобелевой [11].



Рис.2. Отбор проб торфа



Рис. 3. Подготовка
микропрепаратов

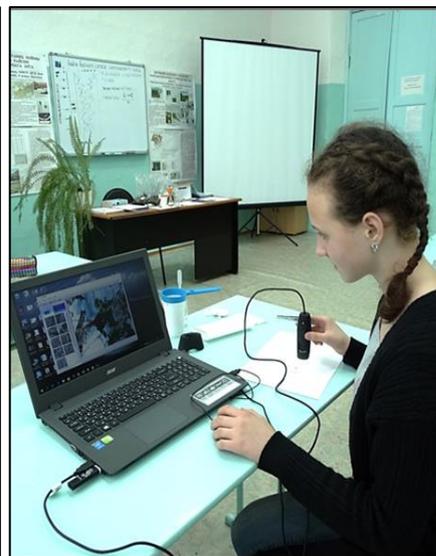


Рис.3. Определение
ботанического состава

В результате исследования построен стратиграфический профиль торфяника. Опираясь на экологическую шкалу увлажнения Л.Г. Раменского (1956), с использованием результатов ботанического анализа торфа, произведена оценка условий увлажнения периода торфонакопления. Для каждого разреза построена экологическая кривая, которая на качественном уровне отражает динамику условий увлажнения и обводненности болота.

Использован климатостратиграфический метод для выделения и корреляции торфяных толщ. Методом Поста была выделена пыльца высших растений. Использовались методы сравнения, анализа, классификации. При обработке данных использовались методы математической статистики.

Результаты исследования

Ачинско-Боготольская островная лесостепь — это западный участок Канско-Ачинской лесостепи. Занимает северное положение среди бореальных лесостепей Азии. Рельеф территории представлен слабо расчлененной плоской аккумулятивной равниной, которая на севере плавно переходит в сложенную породами юрского и мелового возраста, покрытыми сверху глинами и супесями четвертичного возраста, в Четь-Чулымскую котловину [12]. Климат территории менее континентален по сравнению с центральными и восточными участками Канско-Ачинской лесостепи. По

данным метеостанции «Опытное поле» среднегодовое количество осадков – 465-495 мм, 80% из которых выпадает в теплое время года. Средняя температура июня - $+18^{\circ}\text{C}$, максимальное значение - $+38^{\circ}\text{C}$. Средняя температура января - $-17,8^{\circ}\text{C}$. Минимальная температура достигает значения - 53°C [13]. Растительность представлена разнотравной луговой растительностью с пятнами березовых и осиновых лесов с островками хвойных (сосна). По долинам рек произрастают темнохвойные: ель, пихта, местами кедр. На юге островной лесостепи, на высоких террасах р. Чулым наблюдаются участки ковыльных степей с примесью полыни. С запада, севера и востока лесостепь окружена подтайгой.

Болото Боготольчик находится на восточной окраине г. Боготола, образовалось в пойме одноименного ручья в результате зарастания старичных озёр в поясе меандрирования. Ширина долины – 100 м., длина болота – 620 м. Превышение водосборов над поверхностью болота составляет 13 м.

Болото на поверхности залито водой, накапливающейся при стоке атмосферных осадков с крутых склонов водосбора в плоскую долину ручья в теплое время года. Летом болото осушается только по окраинным участкам, где по нашим наблюдениям глубина залегания грунтовых вод составляет 1,2 м. Водоприемником является одноименный ручей, который в широкой долине образовал несколько рукавов шириной 1,3-2,4 м (рис.4).



Рис. 4. Водный режим болота в пойме р. Боготольчик
(фото автора)

Форма болота – вогнутая, поверхность плоская без кочек. По особенностям водно-минерального питания оно относится к низинному типу, за счёт грунтовых вод и богато минеральными веществами. Отсюда и второе название низинных болот – эвтрофные [14].

Состав торфа был определён нами теми торфяно-болотными фитоценозами, которые существовали здесь в последние тысячелетия (рис. 4). Под торфяно-болотными фитоценозами понимают сочетание видов растений, совместно произрастающих и повторяющихся на участках с близкими экологическими условиями, которые определены в настоящей работе, как березовый, еловый с примесью кустарников, разнотравный [14].



Рис. 5. Типы растительности, определяющие ботанический состав торфа в пойме р. Боготольчик (фото автора)

При анализе результатов исследований, опубликованных в работах Л.Н. Савиной, нами было учтено, что ежегодный прирост торфа на датированном (радиоуглеродным методом) Айдашенском торфянике, расположенном в 60 км юго-восточнее, равен примерно 0,8 мм [12]. У Т.А. Бляхарчук скорость накопления торфа на ключевом участке Тегульдетского болота в южной подтайге составила 0,9 мм в год [2]. Если учесть, что мощность торфяника в центральной части болота в пойме р. Боготольчик 310 см, то для накопления такого слоя торфа потребовалось – 3900 - 3500 лет. Таким образом, используя шкалу Блитта-Сернандера, можно предположить, что образование болота в пойме р. Боготольчик началось на границе SB-1 и SB-2 периодов голоцена.

Анализ ботанического состава болотных отложений показал, что в разрезе торфяника в восточной части болота преобладает древесный вид торфа. Верхний слой торфяника представлен древесно-топяным видом, в составе которого найдены остатки семян, корешков и листьев осок, рогоза узколистного, хвоща болотного (рис. 6,7).

Центральная часть торфяника (разрез 2) сложена топяными видами торфа, представленными остатками осок. На глубине 1,0 м к осокам примешиваются

растительные остатки мхов. С 2,8 м. состав торфа меняется на осоковый, что говорит об изменении увлажнения. Наличие в торфах семян рдеста и кубышек подтверждает образование болота на месте пойменного водоема.



Рис.6. Древесный торф (фото автора)



Рис. 7. Корешки и семена осок в торфе (фото автора)

Используя шкалу Раменского по растениям-эдификаторам, преобладающим в растительных остатках торфов, определены климатические (гидротермические условия), степень увлажнения и уровень обводненности на протяжении всего времени, в течение которого развивалось болото. Шкала переменности увлажнения состоит из 20 ступеней и характеризует изменчивость уровня увлажнения местообитаний по сезонам года и по годам, начиная от местообитаний, с постоянно высокообеспеченным бескризисным водным питанием (1 ступень) до местообитаний с резко переменным увлажнением (20 ступень). На основании палеоботанических данных состава торфяника поймы р. Боготольчик нами были выделены следующие климатические периоды:

1. Время формирования торфяника совпадает с серединой суббореального периода (окончание SB-1). В это время в долине ручья Боготольчик существовали условия, которые привели к формированию торфяных отложений двух типов. Нижние слои торфа, в центре болота, закладывались в условиях старичных озёр, о чём говорят остатки семян рдестов и кубышек, преобладающих в пробах (110-120 ступень увлажнения). Водное питание носило постоянный характер, о чём можно судить по ступеням шкалы переменности увлажнения (1-4 ступень). Время существования озёрных условий было длительным, поскольку выделенный торфяной слой по мощности составляет 85 см. В это время на восточной окраине болота образцы, взятые

на анализ на глубине 120-75 см, показали наличие древесного торфа, в составе которого преобладали растительные остатки и пыльца берёзы, что совпадает с периодом похолодания климата. Увлажнение местообитания по шкале Раменского составило 83-94, что свидетельствует об уменьшении количества осадков. В связи с понижением среднегодовых температур коэффициент увлажнения стал больше 1, что привело к заболачиванию территории.

2. Около 2000 лет назад в растительном покрове Ачинско-Боготольской лесостепи стала доминировать ель сибирская, что подтверждается сменой березового торфа на березово-еловый с преобладанием в палиноспектре пыльцы ели. Вероятно, происходило постепенное потепление климата с его резко переменным увлажнением, что выразилось в зарастание водоёмов и образование прибрежно-водной растительности, представленной рогозом узколистным и тростником (104-109 ступень шкалы). На пойменных водоемах происходило активное образование сплавин. В конце этого периода пойменные старицы окончательно трансформировались в низинное болото.

3. На границе суббореального и субатлантических периодов произошел перерыв в торфонакоплении, поскольку древесный торф сменился на слой минеральных отложений темного цвета мощностью 12 см. Это связано с изменением климата в сторону уменьшения количества осадков и сокращения площади болот. Встречаются отдельные фрагменты растительных остатков преимущественно березы. Период сухого и холодного климата был длительным. Слой торфов, сформированный за это время, составил 30 см. Судя по наличию углей и обугленных древесных остатков в образцах, торфяник горел на протяжении долгого времени. Возможно, в это время произошло постепенное изменение водного режима и осушение болота. Уровень стабильности водного питания торфяника был низким.

4. В субатлантическом периоде и до нашего времени за счет увлажнения и потепления климата постепенно в отложениях торфа происходит смена растительных остатков березы на остатки ели с формированием в верхней части торфяника древесно-осокового слоя. Анализ спутниковых снимков подтверждает тенденцию увеличения площади болота в пойме р. Боготольчик и изменению его формы в результате положительной динамики осадков и температурных показателей

Результаты палеоботанических исследований пойменных торфяников показали, что смена водных режимов низинного болота в голоцене происходило неоднократно и носило ритмичный характер, обусловленный циклическими изменениями климата.

Влияние последнего на водный палеорежим болота прослеживается на протяжении всего процесса торфонакопления. Однако водное питание не менялось линейно, что прослеживается по кривой стабильности (Таблица 1).

Таблица 1

Реконструкция водного палеорежима низинного болота в пойме р. Боготольчик
в голоцене на основании палеоботанических данных

Период	Абсолют. возраст, лет	Глубина, см	Ботанический состав	Состав пыльцы и спор	Климатические показатели	Увлажнение местообитания по шкалам Раменского	Шкала переменной увлажненности	Уровень стабильности водного питания болота	Обводненность болота
								5 10 15 20	
SA-2	0 - 1000	0-15	Хвощ болотный Рогоз узколиственный Осоки Тростник Древесные остатки березы и ели, березовый лист	Споры хвоща, Пыльца трав, березы, ели, сосны	Потепление, увеличение влажности	61-68 80-89 102-105	9-10 7-8 9		Переменно обеспеченное водное питание Умеренно-переменное увлажнение
SA-1	1000-2500	82-175	Осока Тростник	Пыльца березы, сосны, Пыльца полыни (единично)	Похолодание, уменьшение увлажненности	94-103	11-12		Умеренно-переменное увлажнение
SB-2	2500-4000	175-300	Рогоз узколиственный, тростник, осока	Пыльца ели, уменьшение пыльцы березы	Потепление, увеличение увлажненности климата	104-109	12-15		Сильно-переменное увлажнение
SB-1	4000-5000	300-310	Рдесты, кубышки	Пыльца березы	Похолодание, начало процесса заболачивания	110-120	1-4		Высокообеспеченное водное питание

Выводы

В результате исследований торфяника в пойме р. Боготольчик были сделаны следующие выводы.

1. Выявлено, что формирование болота в пойме р. Боготольчик началось с зарастания стариц и заболачивания поймы в поясе меандрирования в середине суббореального периода около 4000-3500 лет назад.
2. Климатические изменения, происходившие в голоцене, проявились в свойствах торфяной залежи данного низинного болота. Выяснено, что основными видами являются травянистый и древесно-травянистые виды торфа, в которых господствуют растительные остатки осок, рогоза узколистного, тростника. В разных частях торфяника соотношение в пробах древесных остатков не одинаковое. Поэтому торфяную залежь можно отнести к лесотопяному и топяному подтипам. Наличие в торфах растительных остатков тростника и листового опада (березы) говорит о высоком уровне грунтовых вод и проточности болота в периоды высокого увлажнения.
3. Палеоботанический анализ проб трех разрезов отложений торфяника в пойме р. Боготольчик позволяет выделить четыре этапа в развитии климата и формирования низинных болот Боготольского участка Ачинско-Боготольской лесостепи в голоцене. Показано, что изменение обводненности торфяника происходило неоднократно и носило ритмичный характер, обусловленный изменениями общей увлажнённости климата. В периоды теплого и влажного климата (АТ-2, SB-2) происходило увеличение площади заболачивания, которое в нижнее суббореальное время (SB-1) сменилось обсыханием болота в результате резкого сокращения атмосферных осадков.
4. Определено, что уровень стабильности водного питания изменялся в течение всего времени развития торфяника от 1-4 до 12-15 и коррелирует с его водным палеорежимом.
5. В настоящее время происходит усиление заболачивания, формирование топяного торфа слабой степени разложения и высокой скорости торфонакопления, что является показателем увеличения увлажнения болота.

Литература

1. Физико-химические свойства горючих ископаемых и методы их исследования: учеб. пособие для вузов / В. Г. Самойлик. – Донецк: ДОННТУ, 2017. – 17-19 с.
2. Бляхарчук Т.А. Последледи́ковая динамика растительного покрова Западно-Сибирской равнины и Алтае-Саянской горной области (по данным споропыльцевого анализа болотных и озёрных отложений) / Т.А. Бляхарчук. Томск: ТГУ 2001.-С.48
3. Изменение климата в историческое время / Русское географическое общество» [электронный режим доступа] – <http://www.rgo.ru/2010/08/izmeneniya-klimata-v-istoricheskoe-vremya/>
4. Шкала Блитта-Сернандер / Всегеи [электронный режим доступа] - http://www.vsegei.ru/ru/info/geodictionary/article.php?ELEMENT_ID=93919
5. Ямских Г.Ю. Закономерности временной и пространственной дифференциации торфяников Минусинской котловины//Материалы международной заочной научно-практической конференции «Проблемы изучения и использования торфяных ресурсов Сибири» Томск, Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа СО Россельхозакадемии, 2009 – С. 98-100
6. Гренадерова А.В. Динамика болот Красноярской и Минусинской лесостепей / А.В. Гренадерова. - Алт. гос. ун-т. - Барнаул, 2005. - 8 с.
7. Инишева Л.И., Лисс О.Л. Возникновение и скорость развития процесса заболачивания на Западно-Сибирской низменности / Л.И. Инишева, О.Л. Лисс//Торф в решении проблем энергетики, сельского хозяйства и экологии: матер. Международной конференции / ИПИПРЭ. – Минск, 2006 –С.308-311
8. Олейник М.Д. Реконструкция палеоклимата Ачинско-Боготольской лесостепи по ботаническому составу торфа /М.Д. Олейник // Сборник исследовательских работ участников XXVI Всероссийского Конкурса юношеских исследовательских работ им. В.И. Вернадского. — М.: журнал «Исследователь/Researcher», 2019. — С. 540
9. Беглянова М.И. Определитель растений юга Красноярского края / М.И. Беглянова, Е.М. Васильева, Л.И. Кашина и др.; Отв. ред. И.М. Красноборов, Л.И. Кашина. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. - 669 с.
10. ГОСТ Р 54332-2011 Торф. Методы отбора проб. Постановление Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 29.08.77 № 2105

11. Кац Н. В., Кац С.В., Скобеева Н.И. Атлас растительных остатков в торфах/ Н. В Кац., С.В Кац., Н.И Скобеева. М: Недра, 1990.-С.373
12. Савина Л.Н., Кокшарова В.Л Изменение климата и растительности на территории западной части Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса в голоцене//«Природные условия Минусинской котловины (западной части территории КАТЭКА)» Красноярск, Красноярский государственный педагогический институт, 1981 – С. 118
13. Изменение климата. Годовой обзор / ФГБУ «Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <http://meteo.krasnoyarsk.ru/%D0%9E%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80%D1%8B/tabid/175/Default.aspx>
14. Горная энциклопедия. т. 5. М.: Сов. энциклопедия, т.5 1991- С. 167-174.