

На правах рукописи



Шарафутдинов Руслан Аглямович

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ  
ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ  
МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ И ГОРНОЙ ТАЙГИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ  
ЧАСТИ ЗАПАДНОГО САЯНА**

Специальность: 25.00.23 – физическая география и биогеография,  
география почв и геохимия ландшафтов

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Томск 2006

Работа выполнена на кафедре эволюционного ландшафтования и исторической экологии Красноярского государственного университета

Научный руководитель: кандидат геолого-минералогических наук, доцент Галина Юрьевна Ямских

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор Валерий Петрович Парничев  
доктор биологических наук, профессор Чупрова Валентина Владимировна

Ведущая организация: Институт водных и экологических проблем СО РАН

Защита диссертации состоится « 22 » февраля 2007 г. в 14.30 часов на заседании диссертационного совета Д 212.267.15 при Томском государственном университете по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, Томский государственный университет.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томского государственного университета.

Ваши отзывы (в 2-х экз., заверенных печатью) просьба направлять по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, ТГУ, геолого-географический факультет, факс: 6(3822) 529749; E-mail: [dekanat@ggf.tsu.ru](mailto:dekanat@ggf.tsu.ru) ученому секретарю диссертационного совета.

Автореферат разослан « 10 » января 2007 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат географических наук

*Т.В. Королева* — Т.В. Королева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность работы

С появлением на нашей планете наземных растений, активным фактором выветривания пород и миграции химических элементов становится органическое вещество. Грандиозная роль органического вещества в процессах накопления химических элементов очевидна на примере каустобиолитов – углистых веществ континентальных и прибрежно-морских осадочных пород, возникших в результате грандиозных процессов заболачивания. Современному болотообразовательному процессу, имеющему широкое распространение на земном шаре, также принадлежит огромная роль в накоплении органического вещества и химических элементов (Майская, Дроздова, 1964; Юдович, 1978).

Болота выполняют важную роль и в гидрологическом балансе территории, и в регуляции газового состава атмосферы. Болотные биогеоценозы являются сложными биогеохимическими системами, находящимися в неразрывной связи с другими членами геохимического сопряжения. Химический состав формирующихся торфяных отложений одновременно можно рассматривать не только как результат перераспределения элементов внутри болотного биогеоценоза, но и как отражение общей направленности дифференциации химических элементов в сопряженных с болотным биогеоценозом ландшафтах, как фактор химической дифференциации элементов на путях миграции от областей сноса до областей аккумуляции (Кузнецов, 1985).

В настоящее время роль болотных биогеоценозов как факторов геохимической миграции и аккумуляции элементов на территории Минусинской котловины и ее горного обрамления изучена слабо. Данных по накоплению микроэлементов в торфяных отложениях и их средним содержаниям не имеется в достаточном количестве, практически не изучен минеральный состав отложений. Материалы комплексных исследований минерального, макро- и микроэлементного состава торфяных отложений и подстилающих их пород, представленные в работе, позволяют установить общие закономерности в дифференциации химических элементов в торфяных отложениях и прилегающих к ним ландшафтах.

### Цель и задачи исследования

Цель работы заключается в изучении особенностей геохимических свойств и минерального состава торфяных отложений на территории южной лесостепи Минусинской котловины и горной тайги центральной части Западного Саяна

В соответствии с поставленной целью необходимо было решить следующие задачи:

- изучить геохимический и минеральный составы торфяных отложений;
- рассчитать уровни накопления химических элементов в торфяных отложениях относительно их содержания в подстилающих породах и литосферных кларков;

- сопоставить уровни накопления химических элементов в торфяных отложениях южной лесостепи Минусинской котловины и горной тайги центральной части Западного Саяна;
- установить динамику формирования минерального состава торфяных отложений.

#### **Научная новизна работы**

Научная новизна работы заключается в том, что впервые для торфяных отложений территории южной лесостепи Минусинской котловины и горной тайги центральной части Западного Саяна получены данные о средних содержаниях микро- и макроэлементов, рассчитаны уровни их накопления относительно подстилающих пород и klarки концентраций. Показано значение высокой зольности отложений и сезонной смены водного режима болот в формировании пестрой картины распределения элементов в толщах торфяных отложений. Также, впервые, для данного района детально исследованы минералы, входящие в состав торфяных отложений, в том числе и не связанные с болотообразовательным процессом, изучена устойчивость ряда минералов в условиях болотной среды.

#### **Основные защищаемые положения**

1. Макро- и микроэлементный состав торфяных отложений, уровни накопления в них химических элементов определяются локальными ландшафтно-геохимическими и гидрогеохимическими условиями и различаются в пределах одной ландшафтной зоны как на территории Южно-Минусинской котловины, так и в центральной части Западного Саяна.

2. Минеральный состав торфяных отложений формируется при ведущей роли проявления во времени процессов механического переноса отложений и химической миграции элементов, а также их перераспределении внутри толщи в результате годовой смены водного режима болот.

#### **Практическая значимость**

Результаты, полученные в ходе исследования, могут быть применены для агрехимической оценки использования торфяных отложений. Данные исследований могут служить основой для составления геохимических карт, карт болотного районирования, а также для разработки мероприятий по экологическому мониторингу и рациональному использованию болот.

Результаты исследований легли в основу практической части курса «Геохимия новейших отложений» и используются при проведении полевой практики по почвоведению у студентов Красноярского государственного университета, обучающихся по специальности «Экология» и направлению «Экология и природопользование».

#### **Фактический материал и методы исследования**

В основу работы положены материалы, полученные автором в период экспедиционных исследований с 2001 по 2005 гг. Базовым материалом послужили опорные разрезы, заложенные на территории южной лесостепи Минусинской котловины и горной тайги центральной части Западного Саяна.

Автором лично были проведены стандартные лабораторные исследования с целью изучения основных физических и физико-химических свойств торфов и подстилающих их пород, а также подготовка образцов к элементному анализу. Содержание макро- и микроэлементов исследовано нейтронно-активационным методом (прибор ДТДК-50) в лаборатории Томского политехнического университета А.Ф. Судыко. Радиоуглеродное датирование проводилось в институте геологии СО РАН в Лаборатории геологии и палеоклиматологии кайнозоя Л.А. Орловой. Определение минералогического состава отложений в озелененном образце произведено в лаборатории «Красноярскгеология» В.А. Петуховой.

Валовое содержание макроэлементов и тяжелых металлов в торфе и подстилающих породах разреза «Ивановка» изучено при помощи количественного спектрального анализа (прибор ДФС-8) в испытательном центре «Красноярскгеология» Т.А. Лузиной. Проведена статистическая обработка результатов с применением непараметрических методов анализа данных (Благовещенский и др., 1985).

#### **Апробация работы**

Основные результаты исследований по теме диссертации были представлены на XIII Всероссийской студенческой конференции «Экология и проблемы защиты окружающей среды» (Красноярск, 2001); X Всероссийской студенческой конференции «Экология и проблемы защиты окружающей среды» (Красноярск, 2003); Южно-Сибирской международной конференции студентов и молодых ученых «Экология Южной Сибири» (Абакан, 2001); Межрегиональной научно-практической конференции посвященной объединению Красноярского края, Эвенкии и Таймырского автономного округа «Объединение субъектов Российской Федерации и проблемы природопользования в Приенисейской Сибири» (Красноярск, 2005); Пятой Научной Школе «Болота и биосфера» (Томск, 2006); Всероссийской научно-практической конференции «Социально-экологические проблемы природопользования в Центральной Сибири» (Красноярск, 2006).

#### **Публикации**

По материалам диссертации опубликовано 11 печатных работ.

#### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы, 2 приложений. Общий объем работы 151 страница. Работа иллюстрирована 9 таблицами и 29 рисунками. Список литературы включает 195 наименований.

#### **Благодарности**

Автор хранит светлую память о д.г.н., профессоре А.Ф. Ямских, который помог автору определить область научных интересов.

Автор выражает особую благодарность своему наставнику и научному руководителю к.г.-м.н., профессору КГПУ им. В.П. Астафьева Г.Ю. Ямских. На всем протяжении исследований автор пользовался консультациями и советами к.б.н. А.А. Ямских, за что выражает ему огромную благодарность.

Автор выражает признательность коллективу преподавателей и сотрудников кафедры эволюционного ландшафтования и исторической экологии Красноярского государственного университета, особенно к.г.н. А.В. Гренадеровой и к.г.н. И.В. Борисовой. Глубокую благодарность за материальную поддержку в период работы над диссертацией автор выражает своей семье.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Болотные отложения как результат взаимодействия абиогенных и биогенных факторов

В главе рассматривается понятие «болото» и «болотные отложения», различные подходы к их изучению. Кратко рассматривается история исследований болотных отложений и факторов их формирования. Приводятся различные научные взгляды на развитие болот в связи с особенностями их минерального питания и взаимосвязь болотной растительности с элементным составом отложений. Особое внимание уделяется вопросу геохимии болот, особенностям геохимических свойств пойменных торфяников и влиянию литолого-геохимического фона на накопление макро- и микроэлементов в торфяных отложениях (Ларгин, 1967; Добровольский, 1969; Крещапова, 1974; Ковалев, 1985; Ефремова, 1985; Глазовская, 1988; Перельман 1989; Архипов, Бернатонис, Резчиков, 1997; Инишева, Цибукова, 1999; Езупенок, 2001; Инишева, 2003; Бахнов, 2006 и др.).

### Глава 2. ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 2.1. Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются торфяные отложения болот южной лесостепи Минусинской котловины и горной тайги центральной части Западного Саяна, их геохимические свойства и минеральный состав.

В основу работы положены материалы автора, полученные в период экспедиционных исследований (2001-2005 годы) на 7 болотных массивах, расположенных на территории южной лесостепи Минусинской котловины (5 массивов) и горной тайги центральной части Западного Саяна (2 массива). На болотах производилась закладка шурfov с последующим отбором образцов с интервалом в 5 см. Всего изучено более 500 проб из 7 разрезов. Для 180 проб торфяных отложений было выполнено исследование микро- и макроэлементного состава. Также производился отбор проб для радиоуглеродного датирования (23 образца), описана геоморфологическая приуроченность болот и их современный растительный покров.

В главе рассматриваются методы исследований, примененные для изучения геохимических свойств и минерального состава торфов на территории южной лесостепи Минусинской котловины и горной тайги центральной части Западного Саяна.

Определение микро- и макроэлементного состава отложений выполнено инструментальным нейтронно-активационным анализом в институте ядерной физики (НИИЯФ) при Томском политехническом

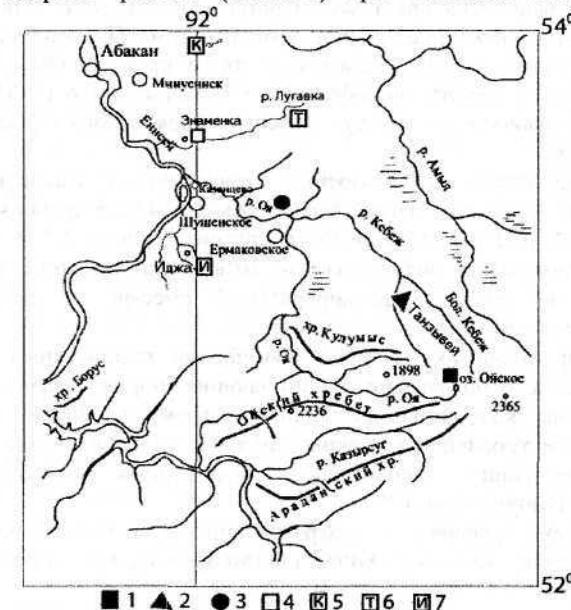


Рис. 1. Местоположение изученных разрезов на территории Минусинской котловины: 1 – «Ойское», 2 – «Малый Кебек», 3 – «Ивановка», 4 – «Знаменка», 5 – «Большой Кызыкуль», 6 – «Тигрицкое», 7 – «Иджа»

университете А.Ф. Судыко (прибор ДТДК-50). Нейтронно-активационный анализ является наиболее чувствительным методом химического анализа большинства элементов периодической таблицы (Кузнецов, 1974).

Радиоуглеродное датирование проводилось в институте геологии СО РАН в Лаборатории геологии и палеоклиматологии кайнозоя Л.А. Орловой. Возраст отложений установлен методом определения остаточной активности углерода и выполнен на приборе QUANTULUS – 1220 (Liquid Scintillation Counters). Абсолютное датирование позволило произвести привязку отдельных горизонтов отложений к временным интервалам, а также установить время начала процессов торфонакопления в изученных объектах.

Валовое содержание макроэлементов и тяжелых металлов в торфе и подстилающих породах разреза «Ивановка» и «Иджа» изучено при помощи количественного спектрального анализа (прибор ДФС-8) в испытательном центре «Красноярскгеология» Т.А. Лузиной.

Определение минерального состава отложений в озоленном образце произведено в лаборатории «Красноярскгеология» В.А. Петуховой.

Проведено определение pH водных вытяжек (Аринушкина, 1970), зольность торфа устанавливалась в соответствии с ГОСТом 6801-86.

Количественная оценка содержания в торфе минеральных терригенных компонентов выполнена при помощи разделения отложений по удельному весу с использованием тяжелых жидкостей (Сочнева, Прокопчук, 1976).

Определение степени разложения торфа производилось с помощью объемно-весового метода, разработанного Н.И.Пьявченко (1963). В основе метода лежит зависимость между объемным весом сухого торфа и степенью его разложения.

Для характеристики болотных отложений с высокой степенью минерального засорения использована классификация предложенная Е.Я. Мульдяровым и Н.А. Черновой (Мульдяров, Чернова, 2004). Согласно ей торфяные отложения с зольностью до 30% считаются минерализованным торфом, около 50% - торфо-минеральной смесью, и свыше 70% - минеральным слоем.

Для характеристики степени обогащения химическими элементами торфяных толщ относительно подстилающих пород рассчитаны торфолитологические коэффициенты (КТЛ) (Ефремова, 2003). Для общей характеристики уровней накопления микро- и макроэлементов рассчитаны карки концентрации относительно литосферных кларков по А.П. Виноградову (Виноградов, 1957).

Построение графиков и диаграмм производилось с использованием пакетов программ «Excel», «Adobe Photoshop 8.0», «Macromedia FreeHand 9.0».

Для определения характера зависимости в распределении микро- и макроэлементов в торфяных отложениях, использован коэффициент ранговой корреляции Спирмена, который являясь непараметрическим методом позволяет оценить не только линейную зависимость, но и работает в условиях нелинейной зависимости (Глотов и др., 1982). Рассчитано стандартное отклонение, оценивающее разброс значений содержания макро- и микроэлементов. Для оценки достоверных различий в характере распределения использован коэффициент Вилкоксона. Статистическая обработка проводилась с использованием пакета «Statistica 6.0».

## 2.2. Современные физико-географические условия на территории южной лесостепи Минусинской котловины и горной тайги центральной части Западного Саяна

В главе рассматриваются современные физико-географические условия на территории южной лесостепи Минусинской котловины и горной тайги центральной части Западного Саяна.

Минусинская котловина и ее горное обрамление расположены в центральной части Алтай-Саянской горной области. В геологическом плане территория Минусинских котловин является одним из наиболее изученных районов Сибири (Пономарева, Хромовских, 1969), общегеологические исследования проводились здесь с начала 18 века.

Стратиграфия геологических образований на территории Южно-Минусинской котловины охватывает возрастной период от раннего рифея до голоцене включительно (Махлаев, 1993; Махлаев и др., 1995).

Современная территория Минусинской котловины характеризуется равнинным, сильно расчлененным рельефом, тектонические нарушения в конце третичного и в течение четвертичного периодов, вызвавшие неравномерное поднятие отдельных глыб в восточных Саянах и на правобережье Минусинской котловины, определили своеобразие отдельных частей ее геоморфологических районов (Алтай-Саянская.., 1969).

Южная часть Минусинской котловины характеризуется резкой континентальностью климата, что обусловлено ее положением в центральной части Евразийского материка. Распределение солнечной радиации на дне котловины имеет широтное направление, за исключением горных районов. Пространственные и временные изменения характеристик элементов климата обусловлены взаимодействием сложных циркулярных процессов с участием Восточно-Европейских, Центрально-Азиатских, Восточно-Сибирских воздушных масс и сложным характером подстилающей поверхности вследствие высокой расчлененности территории. Средние годовые амплитуды температур составляют 50-55° (Максютова, 2002; Густокашина, Максютова, 2004).

В главе приводится общая характеристика растительности территории лесостепей Минусинской котловины и горных районов Западного Саяна. Даётся гидролого-геохимическая и почвенная характеристика района исследования. Приведена информация о распространение болот на территории Минусинской котловины и ее горного обрамления, а также рассмотрено торфяно-болотное районирование исследуемой территории (Платонов, 1964).

## ГЛАВА 3. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ И ГОРНОЙ ТАЙГИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОГО САЯНА.

### 3.1. Геохимические свойства и минеральный состав торфяных отложений горной тайги центральной части Западного Саяна

На территории горной тайги центральной части Западного Саяна изучено два разреза. Торфяник «Ойское», расположенный на заболоченной пойме в северной части горного озера Ойское, и торфяник «Малый Кебеж», расположенный на правобережной пойме р. Малый Кебеж, в 2 км от пос. Танзыбей (рис. 1).

На левобережной пойме р. Малый Кебеж, в 2 км от пос. Танзыбей располагается болотный массив «Малый Кебеж». Современная растительность болота представлена бересой, сосновой сибирской; в травяном покрове доминируют осоки, клюква болотная, хвоц болотный, вахта, багульник болотный, росянка круглолистная, распространены сфагновые

мхи. Мощность торфяных отложений составляет 1,2 м. Торф подстилается оторfovанным суглинком темно-серого цвета, и темно-серым суглинком с включением мелкой и средней гальки. Оторfovанный суглинок на глубине 1,25 м датирован возрастом  $3900 \pm 60$  лет (СОАН-5957) (рис.2).

Зольность торфа изменяется в пределах 7-44%, степень разложения достигает 43%, рН водной вытяжки изменяется в пределах 4,6-5,4 увеличиваясь с глубиной.

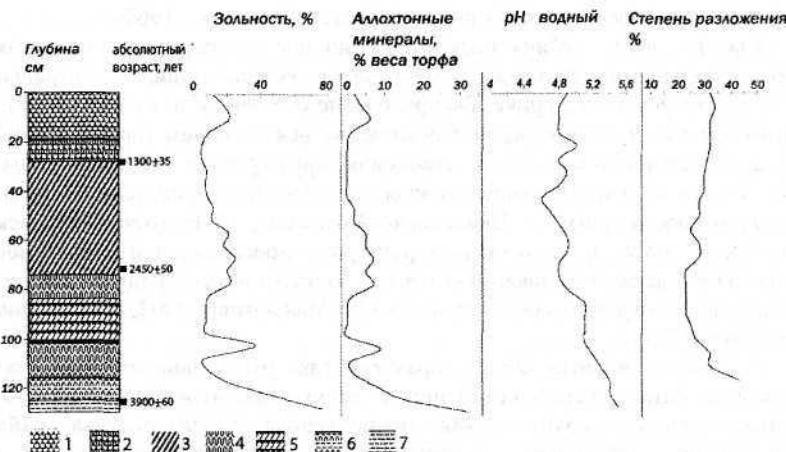


Рис. 2. Основные свойства торфяных отложений разреза «Малый Кебеж». Условные обозначения: 1-торф сфагновый; 2-торф шейхцериево-сфагновый; 3-торф осоковый; 4-торф травяной; 5-торф осоково-моховый; 6-оторfovанный суглинок; 7-суглинок.

Минеральный состав отложений характеризуется преобладанием глинисто-гидрослюдистых агрегатов, от 34% в верхней части торфяной толщи до 95-97% в оторfovанном суглинке. В интервале глубин 0-20 см глинисто-слюдистые агрегаты не обнаружены. Основная часть зерен минералов представлена кварцем, плагиоклазами (в том числе альбитом), калиевыми полевыми шпатами, биотитом (до 10%), магнетитом, моноклинным амфиболом, эпидотом. Единично отмечены хромшпинелид, анатаз, лейкоксен, турмалин, рутил, альмандин, монацит. С глубиной размер минералов уменьшается.

Отсутствие в верхней части торфяной толщи (0-20 см) глинисто-слюдистых образований, а также наличие на поверхности минералов железистых кутан свидетельствуют о том, что в течение последних 200 лет поверхность болота не затапливается паводковыми водами. Смена растительных группировок болотного биогеоценоза характеризуется тенденцией к уменьшению трофности. Около 1300 лет назад происходит смена осоковой растительности шейхцериево-сфагновой, которая около 800

лет назад заменяется сфагновой. В минеральном составе отложений эти события синхронны с уменьшением содержания глинисто-слюдистых агрегатов. Уменьшение влияния паводковых вод и поступления минеральных веществ приводило к смене растительных группировок болота в сторону уменьшения трофности. Зерна минералов, отмеченных в верхней части торфяной толщи, вероятно, имеют золовое происхождение.

Для торфяных отложений разреза «Малый Кебеж» характерно следующее распределение химических элементов (в скобках указан КТЛ):  $\text{Fe}(0,32) > \text{Co}(0,23) > \text{Cr}(0,20)$ . Видно, что относительно подстилающих пород торфяные отложения в большей степени обогащены Fe. В кислых условиях как Co так и Fe относительно подвижны и способны образовывать комплексные соединения с гуминовыми кислотами, при этом решающую роль в более интенсивном накоплении Fe можно рассматривать его большую подвижность в кислой среде и устойчивость соединений Fe с гумусовыми кислотами.

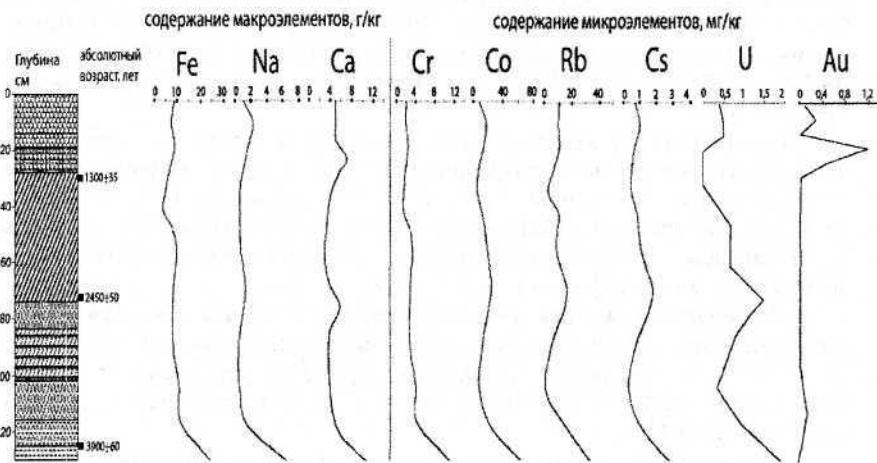


Рис. 3. Содержание микро- и макроэлементов в торфе разреза «Малый Кебеж»

С глубины 120 см отмечается увеличение практически всех элементов, что связано с накоплением суглинистого материала. Влияние суглинков, подстилающих торф, проявляется как в обогащении нижней части торфяной толщи химическими элементами, так и в увеличении pH с формированием слабовыраженного щелочного барьера. Оторfovанный суглинок в нижней части профиля оглеен, что дает основание говорить о комплексном геохимическом барьере в нижней части торфяной толщи (рис. 3).

Средняя степень разложения торфа 29%, что предполагает высокое содержание низкомолекулярных продуктов разложения растительных остатков, в частности гуминовых кислот, с которыми железо образует

малоподвижные комплексы. На глубине 65 см отмечается резкое повышение содержания Fe (9800 мг/кг), совпадающее с увеличением степени разложения торфа. В целом, распределение Fe, Co, Cr в торфяной толще имеет общую направленность. В торфяном профиле можно условно выделить 3 зоны: в интервале глубин 0-15 см отмечаются повышенные концентрации Fe, Co, Cr; в интервале 15-50 см некоторое обеднение; в интервале 50-130 см отмечается постепенное увеличение содержаний Fe и Co с глубиной, максимальные их концентрации характерны подстилающим породам. Для типичных щелочных металлов характерны значения КТЛ: Cs(0,25) > Rb(0,24) > Na(0,16); типичные щелочноземельные металлы: Ca(0,37) > Ba(0,32); очень подвижные анионогенные элементы с постоянной валентностью: Br(1,12). Из всех изученных элементов в торфе накапливается лишь Br и Au, остальные элементы захватываются болотным биогеоценозом. Содержание Au в подстилающих породах ниже порога определения, а в торфяной толще в среднем составляет 0,2 мг/кг. Аккумуляция Br объясняется его высокой биофильностью. Средние содержания элементов в торфе в мг/кг: Cr 14,5; Au 0,2; Ca 4800; Fe 8336; Ba 90,2; Na 1200; Br 7,87; U 0,56; Co 2,7. Средние содержания элементов в подстилающей породе: Cr 72,7; Ca 13000; Fe 26000; Ba 280; Na 7300; Br 7; U 1,9; Co 11,6. Отмечена взаимосвязь Fe с зольностью торфа ( $r=0,89$ ).

Содержания практически всех элементов в торфе не превышают литосферный кларк, за исключением Br, Au, а также редкоземельного элемента иттриевой группы – Yb. Среднее содержание Lu совпадает с литосферным кларком. Содержания Yb и Lu, а также Hf и Sc в подстилающем торф оторфованном суглинке значительно выше литосферных Кларков (табл.1).

Исследования свойств торфяных отложений разреза «Ойское» (рис.1) также выявило высокую зольность отложений, изменяющуюся в пределах от 10 до 31%. В интервале 0,65-0,86 м отложения представлены торфоминеральной смесью, минеральным горизонтом и оторфованым суглинком с зольностью 68-88 %.

В верхней части изученных отложений отмечается преимущественно накопление глинисто-слюдистых минералов, в составе золы они занимают до 95%. Морфологически они фиксируются как тонко зернистые, агрегатные, рыхловатые грязно-серые агрегатные зерна размером 0,1 мм и менее. Накопление глинисто-слюдистого материала связано с затоплением поверхности болота паводковыми водами, в результате которого происходит накопление илистого материала. Этот процесс является превалирующим в течение последних 4000 лет, в то время как на ранних стадиях формирования отложений значительно более выражена была механическая миграция минерального материала, приводящая к накоплению более крупных размерных фракций.

Таблица 1  
Распределение микро- и макроэлементов в минеральной примеси торфяных отложений разреза «Ойское»

Глубина см	Содержание макроэлементов, г/кг			Содержание микроэлементов, мг/кг																
	Fe	Ca	Na	U	Yb	Au	Br	Sm	La	Ce	Th	Cr	Hf	Ba	Sr	Cs	Sc	Tb	Rb	Lu
30-35	25	22	18	0	1,6	0	0	3,3	14,3	21,1	2,2	22,9	0,5	130	340	1,1	9,6	0,61	42	0,3
65-68	34	47	23	0	2,8	0,03	0	6	21,1	36,4	2,6	45	5	139	670	1,1	16,6	1,2	40	0,5
72-76	22	29	14	0	1,8	0,08	0	3,9	16,6	26,6	2,7	21	4,9	220	0	1,5	12	0,99	26	0,4

Элементный анализ минеральной примеси, извлеченной из торфяных отложений при помощи тяжелой жидкости показал, что с минеральной частью, представленной преимущественно макроминеральными частицами (Юдович, 2003), связана большая часть микро- и макроэлементов (табл.1).

Таблица 2  
Распределение микро- и макроэлементов в торфяных отложениях краевой части торфяника «Ойское»

Глубина см	Содержание макроэлементов, г/кг			Содержание микроэлементов, мг/кг															
	Fe	Ca	Na	U	Yb	Au	Br	Sm	La	Ce	Th	Cr	Hf	Ba	Cs	Sc	Tb	Rb	Lu
0-5	13	9	4,6	1,6	0,89	0,03	6,4	1,5	8,8	13	1,8	16	1,6	<30	1,5	4,7	0,2	17	0,110,23
5-10	37	10	5,8	1,4	1,3	0,01	9,6	1,9	11,2	18,7	2,4	26,6	3	75	1,5	6,5	0,35	9	0,180,21
10-15	27	11	7	2	1,1	0,005	5,8	2,1	11,9	18,3	3,5	29,8	3,9	0	2,3	8	0,29	23	0,170,3
20-25	13	9	6,4	1,8	1,3	0,056	6,1	2,9	14,3	23,8	3,8	31,8	2,2	130	1,8	8,6	0,49	21	0,190,24
45-50	16	13	8,9	1,7	1,6	0	6,1	3,8	16,3	24,9	3,2	34,5	3,4	160	2,4	10,2	0,52	40	0,250,35
50-54	23	18	12	1,4	2,2	0,024	8,9	5	20	33,3	3,7	41,7	2,9	260	2,4	12,9	0,98	42	0,330,42
60-65	35	25	16	2,7	3,2	0	13,5	6,4	28	46	5	61,9	5,2	340	33,9	19	1,1	64	0,580,73
70-75	27	23	17	0	2,9	0	5,4	8,7	25,6	41,6	4,7	49,4	3,6	320	3,5	15,4	0,85	56	0,450,52

Содержание Au в торфяных отложениях и минеральной части отложений практически совпадает. Содержание U и Br в минеральной примеси ниже порога обнаружения, что указывает на связь этих элементов преимущественно с органической частью отложений, это подтверждается также уменьшением содержания этих элементов в подстилающих породах.

Наибольшее содержание Au отмечается в подстилающих торф отложениях, датируемых возрастом порядка 4100 лет назад. Относительно торфяной толщи и подстилающих ее пород, современная растительность болота обеднена Au. Исследование краевых участков болота выявило тенденцию к их обогащению Sm, Ca, Lu, Yb, Br, Na, Ce, Th, Cr, Hf, Rb, Fe, Ta, Co, Eu (табл.2), что является следствием влияния делювиальных вод.

Ранние стадии формирования (около 3900 и 4200 лет назад соответственно) торфяных отложений разреза «Малый Кебеж» и «Ойское»

связаны со значительными накоплениями практически всех исследуемых элементов.

#### 4.2. Геохимические свойства и минеральный состав торфяных отложений южной лесостепи Минусинской котловины

На территории южной лесостепи Южно-Минусинской котловины изучено пять разрезов – «Ивановка», «Иджа», «Знаменка», «Большой Кызыкуль», «Тигрицкое» (рис.1).

Торфяник «Ивановка» располагается на правом берегу р. Оя, в 5 км на северо-восток от села Шушенское расположено пойменное болото низинного типа. Залежь характеризуется повышенным содержанием минеральных примесей, присутствуют торфо-минеральные и минеральные горизонты, с зольностью до 70%. Количество легкоотделимых терригенных компонентов изменяется в пределах 7-44% (рис.4). Современная растительность болота представлена березняком разнотравно-осоково-зеленомошным.

Минеральный состав весьма обеднен, в верхней части профиля все минералы встречаются единично, до 99% составляют карбонатные агрегаты кальцитового состава, с отпечатками растительных остатков. В нижней части торфяного профиля несколько возрастает в составе золы доля кварца, плагиоклаза и моноклинного амфиболя. До 99% золы представлено карбонатами, агрегатными зернами кальцитового состава с отпечатками растений.

На глубине 0-5 см отмечено максимальное содержание Fe, Co, а также фиксируется повышенное содержание всех исследуемых элементов за исключением U, его концентрация возрастает в поверхностной пробе. Вероятная причина этого – избирательное поглощение U болотной растительностью. Нижние слои залежи обогащены Ca и Sr, содержание остальных элементов падает. Всем изученным элементам, за исключением Ca и Sr, свойственно накопление в торфяной толще относительно подстилающих пород (табл.4). Содержания Ca, U, Sr, Br, Au превышают литосферные кларки, кларки концентрации составляют: для Ca (5,4), U (6,8), Sr (2,1), Br(18,5), Au (16,2) (рис.5). В торфе и подстилающих торф отложениях отмечено высокое валовое содержание Ca – до 230 г/кг (572,7 г/кг CaCO<sub>3</sub>). Одновременно для типичных щелочных и щелочноземельных металлов выявлены высокие положительные корреляции. Высокое содержание кальция (при неограниченном лимите гидрокарбонатного иона) определяет основную форму нахождения его в виде соли угольной кислоты, что подтверждается минеральным составом золы и химическими свойствами отложений. В этих условиях железу не свойственна подвижность, отмечается высокая отрицательная корреляционная связь ( $r=-0,87$ ) между распределением Fe и Ca. Распределение железа зависит, в основном, от режима его поступления в торфяную толщу, поскольку внутри торфяного профиля его миграция затруднена в связи с наличием кислотно-щелочного барьера. Не отмечается значимых корреляций между Fe, Cr, Co.

Распределение минерализации в торфянике указывает на поверхностный источник Fe, поскольку максимум его отмечается в верхней части торфяного профиля. Распределение Pb и Cu в торфяной толще схоже, максимальные содержания для этих элементов отмечаются на глубинах 45 и 85 см, минимальные – 15, 115 и 230 см. На глубине 45 см отмечается повышенные

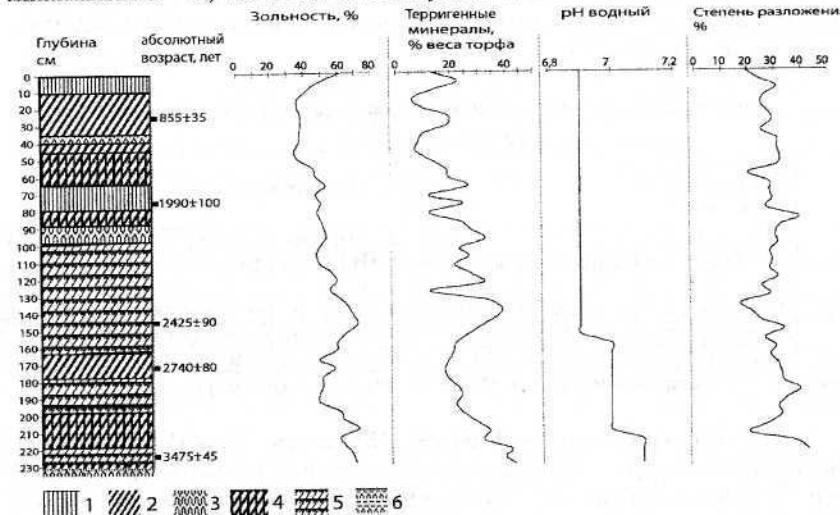


Рис. 4. Основные свойства торфяных отложений разреза «Ивановка» Условные обозначения: 1-торф древесный; 2-торф осоковый; 3-торф травяной; 4-торф древесно-осоковый; 5-торф тростниково-осоковый; 6-оторфованная супесь

концентрации Cr, Pb, Cu, Al, Mg, Br, Rb. На этой глубине не фиксируется повышение зольности торфа, однако отмечено некоторое уменьшение количества терригенного материала, минеральный состав сильно обеднен, 1% приходится на долю плагиоклаза, остальные минералы представлены единично, увеличивается степень разложения торфа. В интервале глубин 100-105 см отмечено максимальное содержание Au (1 мг/кг).

## ГЛАВА 4. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРО- И МАКРОЭЛЕМЕНТНОГО, МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВОВ ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЛЕСОСТЕПИ МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ И ГОРНОЙ ТАЙГИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОГО САЯНА

### 4.1. Микро- и макроэлементный состав торфяных отложений.

Для торфяных отложений болотных объектов «Ойское» и «Малый Кебеж», находящихся на территории горной тайги центральной части Западного Саяна характерно накопление относительно подстилающей породы Na, Br, Au (табл. 3). Относительно литосферных кларков в отложениях изученных разрезов отмечены повышенные концентрации Au,

Br, Yb, Th, в торфе разреза «Ойское» отмечаются также высокие концентрации Na и Hf. Характерно отсутствие значимых корреляций между видом торфа и содержанием в нем химических элементов. Отложения характеризуются кислой рН. Между элементами родственных по миграции групп выявлены тесные корреляционные связи. Наибольшие корреляции характерны для редкоземельных элементов цериевой и иттриевой подгрупп. Исключением является Tb.

Таблица 3  
Распределение микро- и макроэлементов в торфяных отложениях разреза «Ойское»

	Содержание микроэлементов, мг/кг																		
	Na	Ca	Fe	U	Au	Br	Lu	Ce	Th	Cr	Hf	Ba	Cs	Sc	Tb	Rb	Ta	Co	Yb
Максимальное	7,3	13	26	1,9	1,18	10,7	0,28	38,2	4,60	72,7	3,60	280	3,4	16,8	0,64	39	0,65	11,6	2,1
Среднее	1,2	4,8	8,3	0,57	0,21	7,6	0,08	11	1,3	14,5	0,65	90	0,87	3,53	0,18	9,45	0,10	2,7	0,51
КК*	0,05	0,16	0,18	0,23	48,3	3,72	0,99	0,16	9,9	0,18	0,65	0,14	0,24	0,35	0,04	0,06	0,04	0,15	1,54
КТЛ**	0,16	0,37	0,32	0,3	>>1	1,12	0,28	0,29	0,28	0,2	0,18	0,32	0,26	0,2	0,29	0,24	0,15	0,24	0,24

Примечание -\*-кларк концентрации; \*\*- торфо-литологический коэффициент

Для торфяных отложений болот «Ивановка», «Иджа», «Знаменка», «Большой Кзыкуль», «Тигрино», расположенных на территории южной лесостепи Минусинской котловины характерно высокое содержание Ca, накопления относительно подстилающих пород Au, Br, Th, реже Na, незначительное содержание Ta, Tb, Ce, Rb, Cs, а также высокое содержание Ca, U, Au, Br, реже Sr, Th, Hf (рис. 4,5). С накоплением значительных количеств карбоната кальция сопряжено накопление Sr и U. Накопление карбоната кальция в торфяных толщах связано с приуроченностью болотных массивов к зоне распространения известняков нижнего отдела каменноугольной системы.

Наименьшие уровни накопления элементов относительно подстилающих пород выявлены для Ta, Yb, Na, Hf, Ba, Tb. Наиболее рассеянными в отложениях являются Tb, Rb, Ta, Ce, Na. В распределении редкоземельных

Таблица 4  
Распределение микро- и макроэлементов в торфе разреза «Ивановка»

	Содержание микроэлементов, мг/кг																			
	Na	Ca	Fe	U	Au	Br	Lu	Ce	Th	Cr	Hf	Ba	Sr	Cs	Sc	Tb	Rb	Ta	Co	Yb
Максимальное	6,5	228	49	54	1,01	61	0,11	20,2	2,5	71,1	2,7	560	1060	1,9	6	0,36	38	0,29	8,5	0,94
Среднее	2,7	163	8,8	17,7	0,07	40,4	0,01	11,05	0,81	38,01	0,79	338	767,4	0,48	2,45	0,11	10,8	0,10	5,11	0,38
КК*	0,10	5,5	0,19	7,09	18,2	19,2	0,23	0,15	6,26	0,45	0,79	0,51	2,25	0,13	0,24	0,02	0,07	0,04	0,28	1,15
КТЛ**	3,86	0,8	2,09	1,65	3,72	1,3	>>1	2,08	2,2	1,14	3,76	1,2	0,75	1,86	2,5	1,68	1,8	>>1	1,59	>>1

Примечание – условные обозначения см. табл.1.

элементов отмечены тесные корреляционные отношения, хорошо выраженные в парах: La/Yb ( $r=0,88-0,95$ ), La/Ce ( $r=0,89-0,99$ ), La/Sm ( $r=0,77-0,96$ ), La/Lu ( $r=0,54-0,91$ ), La/Th ( $r=0,58-0,97$ ). Для отложений с высоким содержанием карбонатов отмечаются высокие корреляции щелочных и щелочноземельных металлов. Значимых корреляционных связей между ботаническим составом торфа и содержанием микроэлементов не обнаружено.

Сравнение кларков концентрации элементов показало, что торфяные отложения южной лесостепи Минусинской котловины относительно торфов горной тайги Западного Саяна в большей степени обогащены Ca, Ba, Sr, Fe, Cr, U, Br; обеднены Yb, Cs, Lu. Концентрации Hf, Ta, Rb, Au, Na значительно варьируют в торфах исследуемого района.

Таблица 5  
Распределение микро- и макроэлементов в торфе разреза «Иджа»

	Содержание микроэлементов, мг/кг																			
	Na	Ca	Fe	U	Au	Br	Lu	Ce	Th	Cr	Hf	Ba	Sr	Cs	Sc	Tb	Rb	Ta	Co	Yb
Максимальное	99,2	155	40	9,8	0,59	37,4	0,13	22,8	2,7	25,3	0,91	380	1795	2,1	5,5	0,33	16	0,15	6,4	0,71
Среднее	4,9	52	16	2,87	0,06	25,93	0,02	6,27	0,84	9,73	0,46	223	567,1	0,61	1,83	0,13	6,84	0,05	2,51	0,25
КК*	0,19	1,7	0,3	1,14	14	12,35	0,37	0,08	0,06	0,11	0,46	0,34	1,66	0,160	0,180	0,03	0,040	0,02	0,130	0,75
КТЛ**	3,81	0,3	1,0	0,31	6,01	2,31	0,59	1,06	1,62	1,47	1,07	0,82	0,26	2,01	1,41	2,63	>>1	>>1	1,47	1,47

Примечание – условные обозначения см. табл.1.

Торфяные отложения краевых участков болотных массивов обогащаются Sm, Ca, Lu, Yb, Br, Na, Ce, Th, Cr, Hf, Rb, Fe, Ta, Co, Eu, что является следствием влияния деллювиальных вод, приводящих также к формированию более высокой зольности отложений. Двукратное увеличение зольности отложений обеспечивает увеличение содержания микроэлементов как правило меньше, чем в два раза. Анализ минеральной примеси, извлеченной из исследуемых торфяных отложений показал, что с неорганической частью связана большая часть микро- и макроэлементов, с органической частью связана аккумуляции в торфяных отложениях U и Br

#### 4.2. Минеральный состав торфяных отложений

Для торфяных отложений болотных массивов, находящихся на территории горной тайги центральной части Западного Саяна характерна высокая степень минерального загрязнения. Высокая зольность формируется как результат накопления в торфе различных минералов, а также глинисто-слюдистых и глинисто-гидрослюдистых образований. Минералогический состав золы торфяных отложений болот «Ойское» и «Малый Кебеж», формирующихся в зоне горной тайги, представлен кварцем, плагиоклазом, калиевыми полевыми шпатами, моноклинным амфиболом, ромбическим пироксеном, лимонитом, пиритом, альбитом, эпидотом, эпидот-циозитом, биотитом (преимущественно в верхней части торфяной толщи), ильменитом,

сфеном. Часто единично отмечаются в составе золы: лейкоксен, циркон, рутил, альмандин, анатаз, турмалин. Единично в золе торфа болота «Малый Кебеж» обнаружены силиманин, монацит.

Для торфяных отложений на территории южной лесостепи Минусинской котловины также характерна высокая степень минерального загрязнения. Высокая зольность формируется как результат накопления в торфе различных минералов, карбонатных, реже глинисто-слюдистых образований, а также раковин моллюсков. Минералогический состав золы торфа болот «Ивановка», «Иджа», «Знаменка», «Большой Кзыкуль», «Тигрино», формирующихся в зоне южной лесостепи, представлен плагиоклазом, кварцем, калиевыми полевыми шпатами, магнетитом, ильменитом, пиритом, лимонитом, ромбическим пироксеном, эпидотом, эпидот-цизитом. Часто единично в составе золы отмечается гроссуляр, хлорит, турмалин, альмандин, реже – оливин, монацит. В нижней части торфяной залежи часто фиксируется циркон, рутил, сфен, апатит; редко – ставролит, дистен.

Степень разрушенности зерен минералов в различных частях толщ часто не отличается, что указывает на высокую устойчивость исследованных минералов в условиях болотной среды. В кислых таежных торфяниках наблюдается лишь растворение железистых пленок на поверхности минералов, в условиях нейтральной и слабощелочной среды лесостепных болот железистые кутаны на поверхности минералов сохраняются даже в нижних слоях отложений.

#### Выводы

1. Макро- и микроэлементный состав торфяных отложений, формирующихся на территории южной лесостепи Минусинской котловины и горной тайги центральной части Западного Саяна характеризуется интенсивным накоплением Na, Al, Br, Th, Ca, U, Sr, реже Lu, Hf, Yb, большинство исследуемых химических элементов связано с минеральной частью торфяных отложений.

Значительная роль в обогащении торфяных отложений химическими элементами принадлежит временным и постоянным водотокам. Деливияльные воды способствуют обогащению отложений Sm, Ca, Lu, Yb, Br, Na, Ce, Th, Cr, Hf, Rb, Fe, Ta, Co, Eu. Прекращение периодического затопления болотных массивов паводковыми водами приводит к смене растительных группировок болота в сторону уменьшения трофности.

2. Приуроченность болотных массивов южной лесостепи Минусинской котловины к областям распространения известняковых пород нижнего отдела каменноугольной системы обуславливает высокие аккумуляции карбоната кальция в торфяных толщах. В периоды временных переходов болотных массивов в состояние слабопроточных водоемов происходит интенсивное биогенное накопление карбонатов кальция в виде раковин моллюсков.

3. Исследование микроэлементного состава выявило тенденцию к значительному рассеянию Tb, Rb, Ta, Co в торфах и подстилающих породах относительно литосферных кларков. На территории южной лесостепи Минусинской котловины происходит накопление Tb, Rb, Ta, Co в торфяных отложениях относительно подстилающих пород. На территории горной тайги центральной части Западного Саяна в торфяных отложениях происходит рассеяние Tb, Rb, Ta, Co по сравнению с подстилающими породами. Сравнение кларков концентрации элементов показало, что торфа южной лесостепи Минусинской котловины, относительно торфов горной тайги Западного Саяна, в большей степени обогащены Ca, Ba, Sr, Fe, Cr, U, Br; обеднены Yb, Cs, Lu.

4. Вклад растений-торфообразователей в накопление макро- и микроэлементов в торфяных отложениях исследуемого района второстепенен, основная роль принадлежит abiогенным факторам; сложная картина распределения химических элементов в торфяных толщах возникает в результате изменения их интенсивности во времени, при этом теряется связь элементного состава торфяных отложений с их ботаническим составом.

5. Приуроченность исследуемых болот к территории Восточно-Саянского золотоносного района обуславливает значительное накопление Au в торфяных отложениях. Концентрация Au в отдельных слоях отложений превышает кларковые более чем в 50 раз. Распределение Au в торфяных отложениях характеризуется неравномерностью, отмечается как правило 2-3 пика его повышенной концентрации. Накопление Au современной болотной растительностью не превышает средних значений содержания Au в торфяных толщах.

6. Минеральный состав торфяных отложений представлен глинисто-слюдистыми, глинисто-гидрослюдистыми образованиями, плагиоклазами, кварцем, калиевыми полевыми шпатами, магнетитом, ильменитом, моноклинными амфиболом и пироксеном, цирконом, лимонитом, гематитом, альмандином, апатитом, рутилом, лейкоксеном. Зерна изученных минералов псаммитовой и алевритовой фракций являются достаточно устойчивыми в болотной среде и не разрушаются в течение длительного времени.

Минеральная часть торфяных отложений также может быть представлена карбонатами, преимущественно кальцитового состава, раковинами моллюсков.

В начальные стадии формирования болотных массивов, как правило, происходит накопление минералов с более высоким удельным весом (циркон, рутил, сфен, ставролит, реже дистен).

#### Основные публикации по теме диссертации

- Шарафутдинов Р.А. Фотометрические исследования степени гумификации торфа / Р.А. Шарафутдинов // Экология и проблемы

- защиты окружающей среды: материалы Южно-Сибирской междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых. – Красноярск, 2001. – Т.2. – С. 91-92.
2. Шарафутдинов Р.А. Особенности торфо- и осадконакопления разреза Касс / Р.А. Шарафутдинов // Экология и проблемы защиты окружающей среды: материалы Южно-Сибирской междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых. – Красноярск, 2002. – С. 115-116.
  3. Шарафутдинов Р.А. Особенности поступления минеральной составляющей в биогенных отложениях района озера Большой Кызыкуль / Р.А. Шарафутдинов // Экология Южной Сибири: материалы Южно-Сибирской междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых. – Абакан, 2003. – С. 173-174.
  4. Шарафутдинов Р.А. Региональные и локальные изменения природных условий в позднем голоцене на территории Чульмо-Енисейской котловины / Г.Ю. Ямских, А.А. Ямских, В.В. Бурыкин, Р.А. Шарафутдинов // Палеогеография Средней Сибири: сб. ст. – Красноярск: Изд-во Краснояр. гос. ун-та, 2003. – Вып. 3. – С. 51-60.
  5. Шарафутдинов Р.А. Метод определения гранулометрического состава торфяных почв и торфа / А.А. Ямских, Р.А. Шарафутдинов // Почвы Сибири: особенности функционирования и использования: сб. ст., посвященный памяти П.С. Бугакова. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2003. – С.77-79.
  6. Шарафутдинов Р.А. Особенности поступления минеральных компонентов в торфяник Большой Кызыкуль / Р.А. Шарафутдинов // Биология-наука XXI века: материалы науч. конф. молодых ученых. Секц. почвоведение и биогеохимия. Т. VIII. – Пущино, 2004. - С. 185.
  7. Шарафутдинов Р.А. Неконституционные компоненты низинных торфяников как индикатор локальных эрозионных событий голоцена / Р.А. Шарафутдинов // Объединение субъектов Российской Федерации и проблемы природопользования в Приенисейской Сибири: материалы межрегион. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2005. – С. 122-123.
  8. Шарафутдинов Р.А. Реконструкция экологических условий позднего голоцена в долине р. Оя / А.В. Гренадерова, Р.А. Шарафутдинов // Горные экосистемы Южной Сибири: изучение, охрана и рациональное использование: материалы I межрегион. науч.-практ. конф. Вып. 1. – Барнаул: Алтайские страницы, 2005. – С. 141-146.
  9. Шарафутдинов Р.А. Неконституционные компоненты торфяных отложений разреза «Ивановка» / Р.А. Шарафутдинов // Эволюция жизни на земле: материалы III междунар. симпозиума. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 2005. – С. 281-283.
  10. Шарафутдинов Р.А. Дифференциация химических элементов в надпойменных торфяниках и минералогический состав торфа в различных частях речной долины / Р.А. Шарафутдинов // Болота и биосфера: материалы V науч. школы-конф. – Томск: Изд-во ЦНТИ, 2006. – С. 278-282.
  11. Шарафутдинов Р.А. Минералогический, макро- и микроэлементный состав торфяных отложений юго-восточной части Красноярского края / Р.А. Шарафутдинов, А.В. Гренадерова, Г.Ю. Ямских // Вестн. Краснояр. гос. ун-та. – Красноярск, 2006. – № 8. – С. 51-57.

Подписано в печать 27.12.2006. Формат 60x84/16.  
Бумага тип. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,4  
Тираж 100 Заказ 277.

Издательский центр  
Красноярского государственного университета  
660041 Красноярск, пр. Свободный, 79.