

На правах рукописи

УХОВА НАТАЛИЯ НИКОЛАЕВНА

**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ КАК КРИТЕРИЙ ИХ ИНЖЕНЕРНО-
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ
(НА ПРИМЕРЕ ОПОРНЫХ РАЗРЕЗОВ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ)**

25.00.08. – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук**

Иркутск – 2007

Работа выполнена в Аналитическом центре Института земной коры СО РАН

Научный руководитель:

доктор геол.-мин. наук, профессор
Рященко Тамара Гурьевна

Официальные оппоненты:

доктор геол.-мин. наук
Плюснин Алексей Максимович

кандидат геол.-мин. наук
Мушаков Александр Алексеевич

Ведущая организация:

Иркутский Государственный Университет

Защита состоится 28 июня 2007 г. в 14 часов
на заседании диссертационного совета Д 003.022.01 при Институте земной коры СО РАН по
адресу: 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Иркутского научного центра СО РАН
в здании Института земной коры СО РАН.

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять
по указанному адресу ученому секретарю совета к.г.-м.н. Л.П. Алексеевой. Тел: (3952) 42-27-
77, fax: (3952) 42-69-00, e-mail: lalex@crust.irk.ru

Автореферат разослан 25 мая 2007 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат геолого-минералогических наук

Л. П. Алексеева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. На современном этапе развития грунтоведения инженерно-геологическая оценка грунтов рассматривается как анализ открытой природно-техногенной системы, основными структурными элементами которой являются информационные блоки о составе, микроструктуре, состоянии и различных свойствах. Известно, что химический состав грунтов при инженерно-геологической оценке изучается достаточно редко, несмотря на то, что он позволяет решать задачи корреляционно-генетического характера. Кроме того, наличие данных о химическом составе глинистой фракции позволяет применять компьютерные программы для расчета количественного содержания различных минералов в этой фракции, которое определяет проявление таких физико-химических свойств дисперсных грунтов, как набухание, усадка, пластичность и емкость катионного обмена. Комплексные исследования химического состава и свойств являются необходимым условием для реализации генетического принципа при инженерно-геологическом изучении дисперсных грунтов.

Цель работы состоит в изучении возможности использования химического состава и физико-химических свойств дисперсных грунтов в качестве критерия при их инженерно-геологической оценке (на примере опорных разрезов юга Восточной Сибири).

Задачи исследований.

1. Определить содержание породообразующих оксидов в дисперсных грунтах Байкальского региона методом силикатного анализа.
2. Проанализировать полученные данные с помощью методов стандартной статистики, рассчитать геохимические коэффициенты и использовать эту информацию для обоснования выделения геолого-генетических комплексов и климатических реконструкций.
3. Определить количественное содержание минералов тонкоглинистой ($< 0,001$ мм) фракции грунтов с применением компьютерной программы «Decompose».
4. Проанализировать факторы, влияющие на проявление физико-химических свойств грунтов.
5. Провести исследования эксклюзивных объектов по комплексной схеме, разработанной в группе грунтоведения Аналитического центра (АЦ) Института земной коры (ИЗК) СО РАН.
6. Определить роль химического состава и физико-химических свойств дисперсных грунтов при их инженерно-геологической оценке.

Объектами исследований являются лессовые и глинистые грунты опорных разрезов: «Новоразводная» (карьер в 3 км от г. Иркутска по Байкальскому тракту); «Солнечный» (скв. 273, г. Иркутск); «Маршал» (скв. 1416а, 250а, г. Иркутск); «Мальта» (скв. ГС-1, район д. Мальта). Для сравнения были изучены разрезы скважин «Биробиджан» (скв. 998, 1000, 999, 1001, 1002, район г. Биробиджана), вскрывающие тиксотропные глины. Кроме того, эксклюзивными объектами исследований явились почвы и подстилающие рыхлые отложения Приольхонья, донные осадки озера Байкал (хребет Академический), пески первого варианта трассы нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» и лессовые грунты районов распространения угленосной и красноцветной терригенной осадочных формаций в Приангарье.

Фактологическую базу диссертационной работы составляют материалы, полученные в результате аналитических исследований химического состава и физико-химических свойств дисперсных грунтов юга Восточной Сибири (опорные разрезы и некоторые эксклюзивные объекты), их анализ с применением различных компьютерных программ, а также данные опубликованных и фондовых источников, связанных с темой диссертации. Кроме того, использованы материалы комплексных исследований грунтов, проведенных в грунтоведческой группе АЦ Института земной коры СО РАН, данные отчета Центра геолого-экологических исследований (ЦГЭИ) Иркутского государственного технического университета, составленного А.В. Самусенко в 2001 г., а также коллекции образцов дисперсных грунтов, предоставленные для исследований Т.Г. Рященко, О.А. Мазаевой и Е.А. Козыревой; донных осадков оз. Байкал (Е.Г. Вологиной). Проведена обработка и анализ материалов комплексных инженерно-геологических исследований дисперсных грунтов юга Восточной Сибири, которые выполнялись в период с 1987 по 2005 гг.

Методы исследований.

При выполнении диссертационной работы в качестве методологической базы были использованы вариант методики силикатного анализа, разработанный химической группой и современные методические разработки по изучению минерального состава тонкоглинистой ($< 0,001$ мм) фракции грунтоведческой группы АЦ ИЗК СО РАН, в том числе реализована программа «Decompose», которая позволяет рассчитать количественное содержание глинистых минералов; стандартные и специальные методики определения показателей физико-химических свойств дисперсных грунтов.

Применение программ «Стандартная статистика» и «Кластер-анализ» позволило оценить особенности, степень однородности и различные взаимосвязи химического состава изученных дисперсных (лессовых, глинистых и песчаных) грунтов. Дополнительная информация по параметрам микроструктуры грунтов была получена по методу «структурных диаграмм» [Рященко и др., 2000].

Научная новизна выполненной работы заключается в следующем:

1. Получены новые комплексные данные по химическому составу дисперсных грунтов по опорным разрезам «Новоразводная», «Солнечный», «Маршал», «Мальта» на территории Приангарья с целью их использования для обоснования выделения геолого-генетических комплексов и климатических реконструкций при инженерно-геологической оценке.
2. Изучены тиксотропные глины в районе г. Биробиджан, донные осадки озера Байкал на Академическом хребте, пески в районе первого варианта трассы нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан», лессовые грунты в зонах распространения угленосной и красноцветной осадочных формаций в Приангарье.
3. Впервые реализован вариант методики силикатного анализа, разработанный химической группой АЦ ИЗК СО РАН для диагностики процессов современных и палеоландшафтных обстановок при комплексных физико-химических исследованиях почв и подстилающих рыхлых отложений Приольхонья.
4. Рассчитано количественное содержание глинистых минералов (по программе «Decompose») по данным силикатного анализа тонкоглинистой фракции грунтов с использованием результатов фазового рентгеноструктурного анализа и установлена взаимосвязь минерального состава фракции с физико-химическими свойствами грунтов.

Защищаемые положения.

1. Химический состав дисперсных грунтов рассматривается как один из ведущих признаков литогенеза отложений. Изучение валового химического состава дисперсных грунтов опорных разрезов и расчеты геохимических коэффициентов явились базой для корреляционно-генетических построений и климатических реконструкций при их инженерно-геологической оценке.
2. Прогнозная роль химического состава лессовых и глинистых грунтов при инженерно-геологической оценке заключается в том, что по данным силикатного анализа фракции $< 0,001$ мм устанавливается количественное содержание глинистых минералов и исследуется их влияние на проявление физико-химических свойств этих грунтов – пластичность, набухание, усадку и емкость катионного обмена.
3. Региональные факторы определяют инженерно-геологические особенности дисперсных грунтов, связанные с их химическим составом и физико-химическими свойствами. Эти особенности установлены для почвенно-грунтовых разрезов Приольхонья, донных осадков оз. Байкал, песков первого варианта трассы нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан», лессовых грунтов Приангарья.

Личный вклад автора. В процессе научной работы автором был выполнен комплекс исследований, направленных на решение поставленных задач.

1. Автор лично принимал участие в отборе образцов лессовых и глинистых грунтов разреза «Новоразводная» (карьер в окрестностях г. Иркутска) и при бурении опорных инженерно-геологических скважин на площадке строительного комплекса «Маршал» в микрорайоне Солнечный г. Иркутска.

2. В рамках Интеграционного междисциплинарного проекта СО РАН № 104 «Структура, функционирование и эволюция горных ландшафтов Западного Прибайкалья под влиянием природных и антропогенных факторов» автор принимал участие в полевых исследованиях и отборе образцов рыхлых отложений почвенных разрезов Приольхонья, выполнении силикатного анализа образцов и сравнении химического состава отложений из различных геоморфологических зон. Автор был ответственным исполнителем указанного проекта от Института земной коры (2004-2005 гг.).

3. В течение 2000-2005 гг. автором выполнено 220 силикатных анализов (2870 элемент/определения) дисперсных грунтов, проведена статистическая обработка данных, рассчитаны геохимические коэффициенты, построены графики изменения содержания породообразующих оксидов в вертикальном разрезе грунтовых толщ.

4. На основании полученных данных с применением компьютерной программы «Кластер-анализ» проведена количественная оценка взаимосвязей между показателями химического состава.

5. Выполнено 120 силикатных анализов тонкоглинистой ($< 0,001$ мм) фракции дисперсных грунтов. На основе этих данных и результатов рентгеноструктурного анализа с помощью программы «Decompose» получено количественное содержание минералов в составе исследуемой фракции.

Практическое значение работы. Проведенные комплексные исследования подтверждают необходимость использования химического состава и показателей физико-химических свойств дисперсных грунтов в качестве критериев их инженерно-геологической оценки. Разработанная методическая схема изучения глинистых минералов рекомендуется для практического использования при инженерно-геологических изысканиях.

Апробация работы. Основные положения и отдельные вопросы докладывались и обсуждались на следующих научных и научно-практических конференциях, симпозиумах и совещаниях:

- научно-технические конференции «Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований» (Иркутск, ИрГТУ, 2002-2006 гг.);
- XX и XXI Всероссийские молодежные конференции «Строение литосферы и геодинамика» (Иркутск, ИЗК СО РАН, 2003, 2005 г.г.);
- Вторая «Сибирская международная конференция молодых ученых по наукам о Земле» (Новосибирск, Объединенный институт геологии геофизики и минералогии, 2004 г.);
- Международная научная конференция «Многообразие грунтов: морфология причины, следствия» (Москва, МГУ, 2003 г.);
- Международная научная конференция «Инженерная геология массивов лессовых пород» (Москва, МГУ, 2004 г.);
- XV молодежная научная конференция, посвященная памяти К.О. Кратца (Санкт-Петербург, Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, 2004 г.);
- Третья интеграционная междисциплинарная конференция молодых ученых СО РАН и высшей школы «Научные школы Сибири: взгляд в будущее» (Иркутск, 2005 г.);
- Symposium on Latest Natural Disasters – New Challenges for Engineering Geology, Geotechnics And Civil Protection (Sofia, Bulgaria, 2005 г.);
- Международная научная конференция «Город и геологические опасности» (Санкт-Петербург, 2006 г.);
- XV Международная научно-техническая конференция «Геология и минерагения Центральной Азии» (Иркутск, ИрГТУ, 2006 г.);
- научное совещание «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного комплекса (от океана к континенту)» (Иркутск, ИЗК СО РАН, 2006 г.).

Публикации. По результатам исследований автором лично и в соавторстве опубликовано 23 работы, в том числе две статьи в научных журналах из перечня ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация включает 151 страниц и состоит из введения, 5 глав и заключения, иллюстрирована 40 рисунками и 40 таблицами; список использованной литературы составляет 119 наименований.

Автор искренне благодарен и признателен научному руководителю доктору геолого-минералогических наук, профессору Т.Г. Рященко за формирование научных взглядов автора, поддержку и советы при выполнении и обсуждении работы.

Автор выражает благодарность к.г.-м.н. В.В. Акуловой, чьи советы, участие и помощь способствовали выполнению работы; Т.Ф. Даниловой и М.В. Даниловой за выполнение грунтоведческих анализов дисперсных грунтов; к.г.-м.н. О.А. Мазаевой, к.г.-м.н. Е.А. Козыревой. и к.г.-м.н. Е.Г. Вологиной за предоставленные коллекции образцов; к.г.н. Л.В. Данько за организацию экспедиционных работ и помощь при интерпретации полученных данных. На всем протяжении исследований автора сопровождало доброжелательное отношение и постоянное внимание коллег химической группы АЦ ИЗК СО РАН и ее руководителя к.х.н. Ю.И. Сизых. Всем им автор глубоко признателен.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ

При крупномасштабных инженерно-геологических изысканиях определение химического состава грунтов обычно не проводится, тем более что в нормативных документах нет указаний на этот счет. В материалах региональных исследований эти данные встречаются в качестве классификационных показателей, кроме того, они используются при изучении выветривания, карстообразования, суффозионно-эрозионных и других экзогенных геологических процессов. Нужно отметить, что химический состав может определяться как для породы в целом, так и для ее отдельных фракций, в частности для фракции $< 0,001$ мм, когда решается задача определения глинистых минералов, которые влияют на проявление различных физико-химических свойств.

Генетический принцип или основной закон грунтоведения есть не что иное, как процесс диагностики [Сергеев, 1978; Осипов, 1979; Трофимов, 2003]. Диагноз при инженерно-геологической оценке заключается в том, чтобы установить, почему грунты приобрели свои признаки состава, микроструктуры и физического состояния, определившие проявление их физических, физико-химических, деформационных, прочностных, сейсмических, тиксотропных и реологических свойств; когда правильно поставлен диагноз, можно прогнозировать дальнейшее поведение объекта (позитивное или негативное) и назначить рациональное «лечение», если оно необходимо [Рященко, 2000].

В материалах региональных исследований имеются сведения о химическом составе лессовых грунтов юго-западной части Иркутского амфитеатра [Рященко, 1964, 1967] и Ангара-Ленского междуречья [Домрачев, 1964, 1967]. При исследовании лессовых отложений Иркутского амфитеатра были получены обобщенные данные по минеральным ассоциациям их глинистых фракций. Изучение химического состава и физико-химических свойств грунтов на юге Восточной Сибири проводилось в рамках геодинамических исследований [Тржцинский и др., 1971; Тржцинский и др., 1976; Демьянович и др., 1987].

В настоящее время разработана и реализована комплексная методическая схема исследования грунтов юга Восточной Сибири, выходящая за рамки нормативных документов и включающая изучение состава, состояния, микроструктуры и свойств континентальных четвертичных отложений [Рященко, 1984, 1988]. Выделено четыре группы показателей: «структурная», «химическая», «физическая» и «механическая». Для региона к настоящему времени накоплен значительный материал по химическому составу, глинистым минералам и физико-химическим свойствам лессовых и глинистых грунтов, который был получен как при геодинамических, так и грунтоведческих исследованиях преимущественно регионального характера. В то же время изученные к настоящему времени опорные разрезы дисперсных

грунтов в большинстве случаев не имеют геохимической характеристики и количественного распределения глинистых минералов, поэтому основной целью диссертационной работы явилось получение комплексных материалов по опорным разрезам юга Восточной Сибири, а также некоторым эксклюзивным объектам.

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ ПРИ ИХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ

При изучении химического состава и физико-химических свойств дисперсных грунтов для их инженерно-геологической оценки использовались различные аналитические методы, включающие стандартные, усовершенствованные и специально разработанные подходы. При обработке и анализе полученных лабораторных данных применялись методы стандартного и многофакторного статического анализа.

2.1. Силикатный анализ. При определении химического состава дисперсных грунтов использовался вариант методики силикатного анализа, применяемый химической группе АЦ ИЗК СО РАН [отчет Ю.И. Сизых 1985 года «Комплексная схема химического анализа горных пород и минералов» (тема 3.1.7.3.3.)]. Состав породы обычно выражают суммой оксидов: SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , P_2O_5 , H_2O . В сумму также входит определенная при 1000°C потеря при прокаливании (ППП). Сумма содержания оксидов должна быть близка к 100 %. По полученным данным силикатного анализа рассчитываются геохимические коэффициенты, позволяющие сопоставить вещественный состав исследуемых отложений [Лукашев К.И., Лукашев В.К., 1977]. Кремнекислый коэффициент ($K_i = \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) является в значительной мере функцией литологической дифференциации. Отношение CaO/MgO (K_k – коэффициент карбонатности) позволяет судить о составе карбонатов и их перераспределении. Коэффициент окисления ($K_o = \text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$) характеризует направленность и интенсивность окислительных процессов выветривания. Отношения $\text{VA} = (\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$, $K_h = \text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ и $K_z = \text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}$ можно рассматривать как суммарные показатели геохимических процессов и выноса подвижных продуктов выветривания. Впервые для дисперсных грунтов данного региона, представленных в основном четвертичными отложениями, мы рассчитали интегральные геохимические модули (CIA , CIW , ICV). Исследования отложений на основе геохимических модулей дает возможность более точно проводить их классификацию, реконструировать физико-химические и геодинамические особенности обстановок осадконакопления [Скляров и др., 2001; Маслов и др., 2002; Brijraj K., Das Birgit-Gaye Naake, 2003; Скляров и др., 2007]. В процессе обработки лабораторных данных использовались методы стандартного и многофакторного статистического анализа, в том числе программа «Кластер-анализ», в которой выполняется алгоритм иерархической кластеризации признаков объектов и самих объектов [Данилов, 2001].

2.2. Программный комплекс «Decompose» был разработан в процессе инженерно-геологических исследований дисперсных грунтов для количественной оценки содержания глинистых минералов, находящихся в составе фракции $< 0,001$ мм [Сутурин и др., 1986]. Программа позволяет рассчитать содержание различных по химическому составу модификаций глинистых минералов: среди смектитов их выделяется 8 (C_{1-8}), гидрослюд – 5 (G_{1-5}), хлорита – 4 (X_{1-4}). По результатам расчета можно представить «формулу» минерального состава фракции, в которой общая сумма содержания глинистых минералов близка к 100 %.

2.3. Методы определения показателей физико-химических свойств лессовых и глинистых грунтов. К основным физико-химическим свойствам глинистых и лессовых грунтов относятся пластичность, набухание, усадка и емкость катионного обмена. Эти показатели определяются в грунтоведческой лаборатории АЦ ИЗК СО РАН по стандартным методикам [ГОСТ 5180-84; Ломтадзе, 1990; Методическое пособие ..., 1968; Методические рекомендации..., 1977; Методическое пособие ..., 1984].

ГЛАВА 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕССОВЫХ И ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ (НА ПРИМЕРЕ ОПОРНЫХ РАЗРЕЗОВ)

3.1. Лессовые грунты. В качестве опорных разрезов [Сергеев, 1988], на примере которых рассмотрена корреляционно-генетическая и прогнозная роль химического состава и физико-химических свойств лессовых грунтов при их инженерно-геологической оценке, выбраны следующие: разрез «Новоразводная»; скв. 273; скв. 1416а, 250а, которые вскрывают лессовые субаэральные покровы Приангарья мощностью 10-20 м, залегающие в пределах придолинного склона и третьей (16-25 м) террасы Ангары. Отложения представлены лессовидными супесями, суглинками и связными (облессованными) песками. Толщи содержат несколько горизонтов погребенных почв и поэтому согласно разработанной классификации [Шаевич, 1987] могут быть разделены на лессовые циклиты (циклессы), включающие собственно лессовые отложения и развитые на них почвы.

3.1.1. Разрез «Новоразводная» (карьер в 3 км от г. Иркутска по Байкальскому тракту). В 2003-2005 г.г. здесь впервые были проведены исследования химического состава самой верхней части (0,0-6,0 м) субаэрного лессового покрова (dQ_3^3), которая содержит два погребенных почвенных горизонта (интервалы 2,6-3,6 м; 4,5-4,9 м); в интервале 5,0-6,5 м отмечена зона древних криогенных деформаций (расчистка I, расчистка II).

На первом этапе исследований (расчистка I) была поставлена задача: проследить характер изменения химического состава грунтов при детальном (через 20 см) опробовании толщи до глубины 3,7 м для оценки условий ее формирования. Верхняя часть разреза (до 2 м) представлена лессовидными суглинками, далее (2-2,6 м) зафиксирована «глинистая зона» - суглинки тонкоплитчатые, ожелезненные, влажные, с редкими гумусированными жилами, ниже снова залегают лессовидные суглинки (2,6-3,7 м). Силикатный анализ был выполнен для 19 образцов (расчистка I) [Ухова, 2003], определено содержание оксидов, рассчитаны геохимические коэффициенты; проведена стандартная статистическая обработка результатов, построены графики распределения содержания оксидов и геохимических коэффициентов в вертикальном разрезе. Можно предполагать три цикла при формировании изученной верхней зоны разреза: накопление нижнего слоя делювиальных лессовидных суглинков (семиаридный холодный климат) – изменение климатической обстановки в сторону потепления и увлажнения, перерыв в осадконакоплении, формирование почвенного покрова – снова климатические изменения (семиаридная холодная обстановка) и накопление верхнего слоя делювиальных лессовидных суглинков.

На втором этапе задача исследований заключалась в обосновании комбинированной модели (гипотезы) формирования почвенно-лессовых отложений, которая была предложена ранее при инженерно-геологическом изучении лессовых грунтов и их просадочных свойств [Рященко, 1984; Рященко, Акулова, 1998; Рященко, 2004]. Исследования, проведенные совместно с сотрудниками Объединенного геологического института СО РАН А.Ю. Казанским и Г.Г. Матасовой, включали определение магнитных характеристик, химического состава и параметров микроструктуры лессовых отложений и погребенных почв по 20 образцам (расчистка II) [Казанский и др., 2006 а; Казанский и др., 2006 б]. Обобщая полученные данные по химическому составу и параметрам микроструктуры грунтов разреза «Новоразводная», можно сделать вывод о том, что для исследованного разреза субаэрных отложений не подходят «китайская», «аляскинская» и «смешанная западно-сибирская» [Матасова и др., 2003] модели. Можно говорить об особой «комбинированной» модели, когда на стадии седиментогенеза на общем фоне делювиальных процессов отдельные элементарные слои имели эоловое происхождение и в результате того или иного ветрового режима средой формирования почвы оказывались толщи с различной эоловой «добавкой» [Рященко и др., 2006]. Кроме того, в постдиагенетическую стадию в действие вступали криогенные и почвообразовательные процессы, в результате которых происходила перестройка микроструктуры – появлялись вторичные агрегаты, разрушались первичные; активные в физико-химическом отношении глинистые частицы теряли свою свободу, попадая в состав агрегатов.

3.1.2. Разрез «Солнечный». Опорный разрез скважины 273 в микрорайоне Солнечный г. Иркутска представляется в качестве эталона комплексных исследований параметров микроструктуры, химического состава и свойств лессовых пород. Определение параметров микроструктуры, физико-механических и физико-химических свойств (пластичность, набухание) выполнено на первом этапе исследований в рамках Временного межотраслевого научно-технического коллектива (ВМНТК) [Акулова, 1994; Рященко, Акулова, 1998].

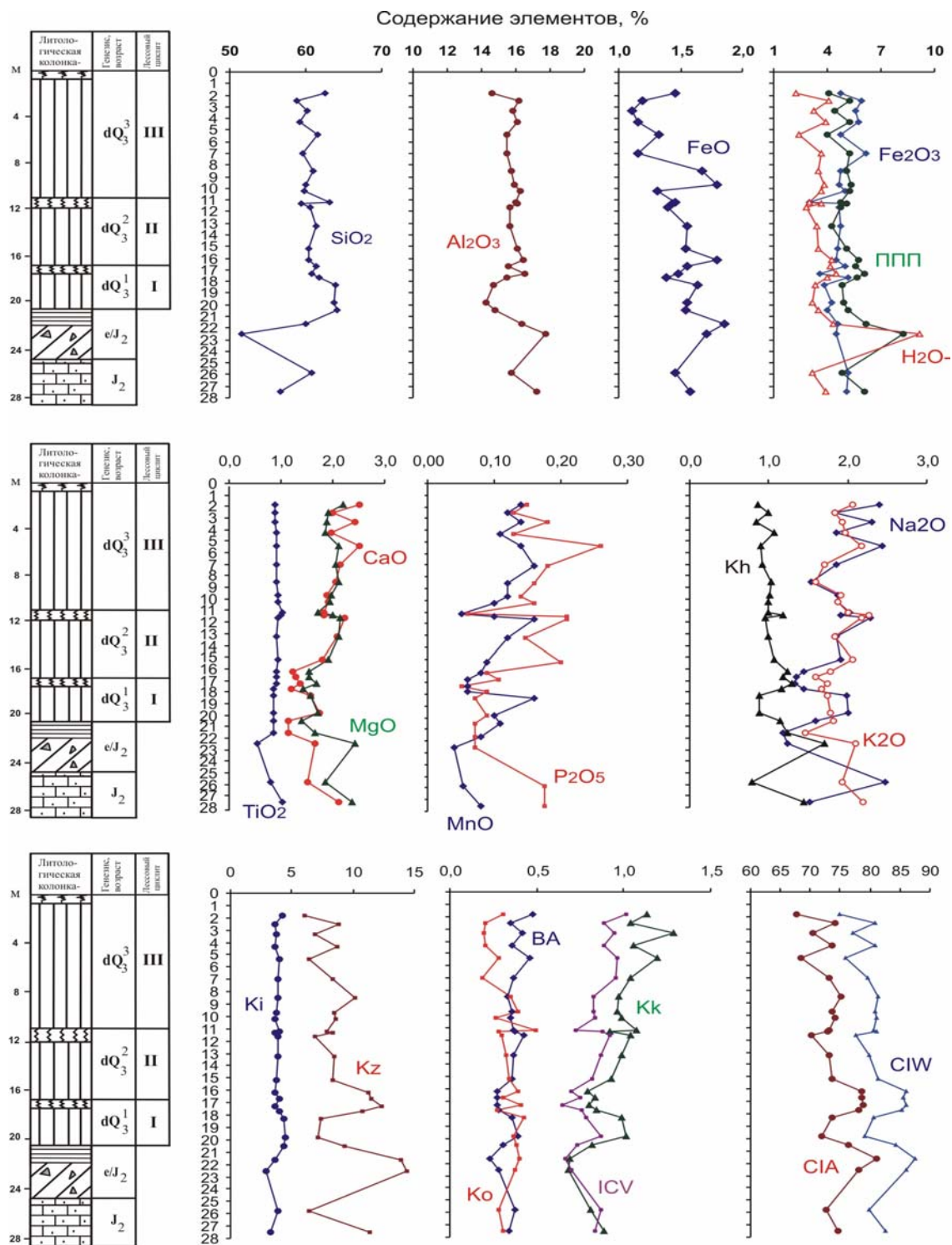


Рис.3.1. Распределение содержания оксидов и геохимических коэффициентов в вертикальном разрезе грунтовой толщи («Микрорайон Солнечный», скв.273).

Опорный разрез расположен в пределах придолинного склона Ангары и представлен делювиальными образованиями, залегающими на элювии юрских слаболитифицированных

песчаников (e/J). Мощность лессовой толщи составляет 20,5 м и подразделяется на три циклита: верхний ($dQ_3^3 - 10,9$ м), средний ($dQ_3^2 - 5,8$) и нижний ($dQ_3^1 - 3,8$).

Химический состав определялся методом силикатного анализа с последующими расчетами девяти геохимических коэффициентов [Рященко, Ухова, 2004]. Наибольшие различия установлены между верхним-средним и нижним циклитами, юрская толща по значениям CIA, CIW, ICV, K_z , CaO, Na₂O близка к нижнему циклиту. Следовательно, можно говорить о разной степени химической зрелости материала, в том числе тонкой алюмосиликокластике (глинистой фракции). Это связано с климатическими условиями формирования отложений; юрскую формацию можно рассматривать в качестве главного источника сноса при образовании нижнего циклита (более молодые лессовые отложения, возможно, «разбавлены» золовым материалом – в них выше содержание MnO, Rb).

На всех графиках распределения химических элементов (рис.3.1) выделяется зона в верхней части разреза (1,8–5,4 м) в виде развернутой буквы «W». Аналогичная зона была выделена в разрезе «Новоразводная», где пики маркируют два погребенных почвенных горизонта. Следовательно, данные химического состава подтверждают присутствие этих горизонтов (ППГ) в верхней части лессовой толщи скв. 273. Отмечается изменение характера графиков на глубинах 11,2 м и 17,3 м, что соответствует визуально выделенным погребенным почвенным горизонтам. По содержанию SiO₂ и Al₂O₃ можно выделить переходный горизонт на глубине 20,5 м, предположительно, это древняя кора выветривания. В ниже залегающих юрских слаболитифицированных песчаниках (глубина 22,5 м) отмечается максимум для алюминия и минимум для кремния; на этой же глубине фиксируются максимальные значения ППП и H₂O⁺ и минимальные – TiO₂; отмечаются пики увеличения содержания CaO и MgO. Таким образом, данные химического состава подтверждают выделение погребенных почв, лессовых циклитов и подстилающих лессовую толщу пород юрской угленосной формации. Проведенный анализ изменения химического состава в вертикальном разрезе показал возможность его использования при расчленении циклично построенной лессовой толщи.

3.1.3. Разрезы «Маршал». Сотрудниками грунтоведческой группы АЦ ИЗК СО РАН были выполнены комплексные исследования состава, микроструктуры и свойств грунтов по двум опорным скважинам 1416-а и 250-а, расположенным в пределах третьей террасы (16-25 м) Ангары. Бурение проводилось в 2005 г. в микрорайоне Солнечный г. Иркутска на площадке будущего строительства жилого комплекса «Маршал». Современное геоэкологическое состояние территории определяется широким развитием здесь мощных циклически построенных толщ лессовых грунтов с опасными свойствами и разнородным режимом увлажнения. Составлены инженерно-геологические колонки скважин 1416-а и 250-а, где показаны литологический состав и геолого-генетические комплексы отложений, места отбора образцов, выделены зоны по консистенции грунтов, приведены инженерно-геологические показатели. В образцах, отобранных из скважины 1416-а (15 обр.) и 250-а (13 обр.), впервые определялось содержание породообразующих оксидов, оценивалось их распределение по глубине, рассчитывались геохимические коэффициенты. Эти данные использовались для обоснования геолого-генетического расчленения толщи, которое было выполнено при детальной документации разрезов. По данным химического состава фракции < 0,001 мм и результатов ее рентгеноструктурного анализа (выполненного в АЦ ИЗК СО РАН аналитиком Т.С. Филевой) было рассчитано количественное содержание глинистых минералов.

По данным химического состава лессовой толщи можно сделать следующие выводы:

1. Изменение характера распределения химических элементов в вертикальном разрезе опорной скважины 1416-а отражает различные условия формирования лессовой толщи и позволяет выделить по «химическому критерию» три зоны: 1) 2,2-9,8 м – зона наибольшей неоднородности химического состава; 2) 9,8-17,0 м – «спокойных преобразований»; 3) 17,0-19,1 м – зона «большей зрелости». Это деление совпадает с инженерно-геологическими комплексами, выделенными при документации скважины.
2. В изученном разрезе образец с глубины 9,8 м не выделяется как погребенная почва, однако, учитывая особенности его химического состава, можно предположить существование еще

одного ППГ. В пользу этого предположения говорит и тот факт, что в скв.250-а погребенная почва выделена в интервале 9,0-10,5 м. Горизонты, определяемые как ППГ, маркируют смену климатической обстановки: в результате потепления создаются условия для развития почвообразовательных процессов, затем этот процесс замещает новое накопление осадочных отложений.

3.2. Глинистые грунты.

3.2.1. Разрез «Мальта». Разрез представлен геологической скважиной ГС1, расположенной на левобережье р. Белой (левый приток Ангары) в пределах полого наклонной поверхности в районе д. Мальта, где длительное время изучалось археологическое местонахождение «Георгиевское»; абс. отм. 440 м, глубина 25 м. Для образцов глинистых грунтов был проведен комплекс исследований – определены параметры микроструктуры и физико-химические свойства. По геолого-литологическим данным толща разделена на четыре пачки, которые были отнесены к субаэральным лессовым (0-6,5 м – $v-dQ_3^{2-3}$) и субаквальным глинистым (6,5-10,5 м – $d-hQ_3$; 10,5-19,5 м – $d-hQ_2$; 19,5-24,4 м – $d-p-hQ_1$) отложениям. Пачки разделены маломощными погребенными почвенными горизонтами. Силикатный анализ выполнен для 22 образцов, отобранных с глубины от 0,8 до 24,4 м, рассчитаны геохимические коэффициенты, выполнена стандартная статистическая обработка данных и проведены расчеты по программе «Кластерный анализ». На основе полученных материалов представлена реконструкция условий формирования геолого-генетических комплексов отложений.

По средним значениям геохимических коэффициентов-индексов можно предположить, что четвертичные отложения изученного разреза формировались в умеренной климатической обстановке без ярко выраженной климатической специфики, степень выветривания и химической зрелости глинистой составляющей относительно слабая.

Решение задачи количественной оценки взаимосвязей между показателями химического состава, для выполнения которой впервые был применен кластерный анализ, непосредственно отвечает на главный вопрос исследований – является ли химический состав грунтов критерием их подразделения на геолого-генетические комплексы, выделенные при геолого-литологических и грунтоведческих исследованиях. 22 образца оказались разделенными на две основные группы. Мера сходства между первой и второй основными группами незначительна (евклидово расстояние 0,7), что свидетельствует о специфичности их химического состава.

Таблица 3.1

Группирование образцов по химическому составу (данные кластерного анализа Q-типа) и геолого-генетические комплексы (пачки) грунтовой толщи

Группы образцов (кластер Q-типа)	Глубина отбора, м	Интервалы пачек, м	Геологический индекс – порода
I	0,8 – 3,1	0,0-6,5	$v-dQ_3^{2-3}$ - лессовидные суглинки и супеси
	4,5 – 6,0		
	6,5-6,7	6,5-10,5	$d-hQ_3^1$ – суглинки серые с ракушками
	8,5-10,5		
	11,0-17,0	10,5 -19,5	$d-hQ_2^1-Q_2^2$ – суглинки серые пылеватые
II	20,0-24,4	19,5-24,4	$d-pQ_1$ – глины серые с включениями дресвы

Следовательно, химический состав дисперсных грунтов разреза относится к индикаторам расчленения толщи: выполненная кластеризация оказалась адекватной геолого-генетическому подразделению.

3.2.2. Разрезы «Биробиджан». Для сравнения с дисперсными грунтами Приангарья были изучены глины из опорных скважин, расположенных в районе г. Биробиджана, где ЦГЭИ ИрГТУ проводились инженерно-геологические изыскания на площадке проектируемой нефтегазоносной скважины. В техническом отчете представлены данные о показателях физического состояния глин и их пластичности; удельное сцепление, угол внутреннего трения и модуль общей деформации определялись по справочным таблицам нормативных документов.

Поскольку объект впервые изучался с инженерно-геологических позиций, возникла идея дополнительных комплексных исследований состава, микроструктуры и свойств этих

необычных глин, удерживающих большое количество воды и проявляющих в массиве тиксотропные свойства. При комплексных исследованиях глин решались корреляционно-генетические и прогнозные задачи. В первом случае необходимо было выявить особенности химического состава глин, оценить степень его однородности и рассчитать геохимические коэффициенты (для всей выборки образцов), проанализировать характер распределения оксидов в вертикальном разрезе толщи, использовать полученную информацию для расчленения разреза и обоснования возраста глин. Во втором случае данные силикатного анализа выполняли прогнозную роль – они применялись для расчета количественного содержания глинистых минералов по программе «Decompose»; эта информация использовалась для расчленения разреза и оценки факторов тиксотропии.

По данным химического состава глин можно выделить три зоны: 0-5 м – это шоколадные тиксотропные глины, обогащенные алюминием, окисным железом, магнием и физически связанной водой (суммарное содержание H_2O и ППП достигает 9-12 %); 5-10 м – глины пестрые, песчаные, потенциально тиксотропные, снижается количество алюминия и рыхлосвязанной воды, фиксируются пики в содержании железа, кальция, натрия, калия; 10-12 м – глины с примесью щебня и дресвы, вероятнее всего, тиксотропными свойствами не обладают, суммарное величина H_2O и ППП снижается до 6 %. Суммарным показателем геохимических процессов, указывающим на степень выноса подвижных компонентов, является основной коэффициент (ВА); коэффициент зрелости (K_z) также отражает степень химической переработки вещества. Полученные значения ВА (<1) и K_z (13,7-62,8) свидетельствуют о высокой химической зрелости исследованных глин. К числу особенностей химического состава можно отнести очень низкий коэффициент окисления (0,05-0,13). Сравнение геохимических коэффициентов и климатических модулей «биробиджанских» глин и грунтов скважин ГС-1 и 273 позволяет сделать вывод о большей химической зрелости глин по сравнению с лессовидными отложениями, что говорит о других, более теплых и влажных условиях на стадиях седиментогенеза и постдиагенетических преобразований.

Расчет глинистых минералов показал, что преобладающей минеральной ассоциацией является смектит-каолининовая, при этом зафиксирована только железистая разновидность смектита (C_8). Можно выделить три зоны: для верхней (0-5 м) отмечается каолинит (69-72 %) и смектит (26-31), средней (5-7 м) – гидрослюда трех разновидностей (85-98 %) и примесь кварца (15 %), в нижней зоне (8-12 м) – смектит-каолининовая ассоциация и появляется кварц. Структура глинистых минералов оказалась разрушенной, рефлексy на дифрактограмме размытые, они не восстанавливаются в органических жидкостях, что свидетельствует о дефектности структуры в начальной стадии ее образования.

Согласно геологическим данным, глины были отнесены к нерасчлененному элювиально-делювиальному комплексу (e-d Q_{3-4}), залегающему на породах ушумунской свиты палеоген-неогена, верхняя пачка которых представлена песками с прослоями алевролитов, глин и галечников. В районе пос. Димитрово (площадка, где проводились изыскания, расположена в 1,5 км) на поверхность выходят валунно-галечные отложения свиты, поэтому можно предположить, что вскрытые на площадке глины с необычными свойствами так же, как и галечники, относятся к палеоген-неогеновым отложениям. Предположение о более древнем возрасте глин подкрепляется также полученными данными – высокой химической зрелостью, обедненностью кальцием и обогащением окисным железом, присутствием в большом количестве каолинита, дефектами структуры глинистых минералов. Таким образом, если это палеоген-неогеновые глины, то пользоваться справочными таблицами для определения прочностных свойств не представляется возможным, для реальной оценки этих показателей необходимы лабораторные исследования.

ГЛАВА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ

4.1. Почвы и подстилающие их рыхлые отложения Приольхонья. С 2003 года в рамках Интеграционного междисциплинарного проекта СО РАН № 104 коллектив специалистов семи академических институтов ИНЦ СО РАН осуществлял исследования

особенностей формирования структуры, функционирования и эволюции горных ландшафтов Западного Прибайкалья в условиях изменения природной среды и антропогенного воздействия [Структура, функционирование ..., 2005]. Ландшафтный макропрофиль, выбранный в качестве эталонного, протянулся от г. Сарминский Голец до побережья оз. Байкал между долинами рек Харга и Кучелга. Образцы исследованных почвенных супесчано-суглинистых разрезов относятся к группе глинистых дисперсных грунтов или представляют аналогичный заполнитель крупнообломочных образований. Пойменно-долинная геоморфологическая зона представлена разрезами «Ключ Безымянный» (долина р. Кучелга, интервал опробования 36-80 см), «Q-strat 1» (высокая пойма р. Кучелга, интервал 51-85 см), «Q-strat 2» (низкая пойма, интервал 34-65 см), «Q-strat 3» (низкая пойм р. Харга, интервалы 9-65 см). В подгорно-седловинной зоне изучены разрезы «Кулура» (седловина склона в пределах полигона «Кулура» на побережье залива Мухор, интервал 6-152 см) и «Prim» (приводораздельный склон предгорий Приморского хребта; интервал 2-70 см). Гольцовая зона представлена разрезом «Сарминский голец» в районе гольца Сарминский (интервал опробования 11-50 см). Одновременно с изучением химического состава этих грунтов выполнялся их гранулометрический анализ с тремя способами пробоподготовки и рассчитывались параметры микроструктуры [Ухова и др., 2005]. В результате установлено, что во всех разрезах с глубиной увеличивается содержание оксида кремния, то есть наблюдается опесчанивание отложений. Пониженные значения оксида кремния соответствуют более гумусированным горизонтам. Характер распределения оксидов (SiO_2 , MgO , CaO , K_2O , ППП) в вертикальном разрезе толщи позволил получить критерии для выделения погребенного почвенного горизонта (разрез II-«Кулура»-28-37см), следовательно, можно предположить возможность изменения климатических условий в сторону потепления и увлажнения климата.

В склоновых отложениях отмечается увеличение содержания карбонатов по сравнению с пойменными отложениями. Отложения поймы и гольцовой зоны имеют более однородное распределение элементов в вертикальном разрезе, чем отложения подгорно-седловинного комплекса. Марганец характеризуется большой подвижностью в обстановке, близкой к условиям перигляциального ландшафта, при этом имеются геохимические барьеры для осаждения марганца [Лукашев, Швядас, 1977]. В изученных нами разрезах отмечены достаточно высокие содержания MnO (до 0,16 %) в отложениях, заполнивших пониженные формы рельефа, и его отсутствие в гольцовой зоне.

Сравнение средних значений K_i , K_z , BA , K_h , K_o , K_k показало различие условий формирования отложений разных геоморфологических зон. В зависимости от химической зрелости материала и интенсивности протекающих окислительно-восстановительных процессов отмечается значительное изменение геохимических коэффициентов в почвенных горизонтах опорных разрезов, пройденных в пределах распространения различных геолого-генетических комплексов четвертичных отложений (aQ_4 , dQ , eQ). Современные климатические условия не оказывают существенного влияния на химический состав горизонтов изученных разрезов; установленные изменения содержания элементов и значений геохимических коэффициентов связаны с расположением разрезов в различных ландшафтных зонах. Формирование параметров микроструктуры грунтов происходило в процессе короткого цикла литогенеза - абсолютный возраст толщи в интервале 1- 42 см 130 - 4525 лет [Безрукова и др., 2005]; в условиях современной холодной аридной климатической обстановки отложения подвергаются постоянному воздействию процессов криолитогенеза, которые наиболее интенсивно проявляются в гольцовой зоне.

По результатам обработки данных химического состава дисперсных грунтов по программе «Кластер-анализ» сделаны выводы относительно специфичности состава предполагаемого погребенного почвенного горизонта, установлены группы оксидов и их взаимосвязи, получены группы образцов, выделенные по их принадлежности к разрезам, расположенным в разных геоморфологических зонах.

4.2. Донные осадки озера Байкал. Изучение донных осадков озера Байкал, которые представляют собой своеобразную «осадочную» запись климатических изменений

регионального и глобального характера, проводилось в 1993 – 1999 гг. в рамках Международного проекта «Байкалбурение» [Коллектив участников..., 2004]. В 2003 г. появилась возможность изучить микроструктуру, химический состав и некоторые физико-химические свойства самой верхней (0-100 см) части разреза донных осадков Академического хребта по кернам № 17, 18, 19, 22 из коллекции Е. Г. Вологиной. Керна находились в воздушно-сухом состоянии, пробы отбирались в десятисантиметровых интервалах, всего исследован 21 образец.

По данным Е.Г. Вологиной [Вологина, 2002], донные отложения представлены биогенно-терригенными илами (Q_4), которые подстилаются позднеплейстоценовой глиной (Q_3^3). Позднеплейстоценовые глины формировались за счет поступления в озеро детрита из ледников, окружающих северную и южную котловину Байкала в плейстоцене; источником этих глин могла быть р. Селенга, собирающая потоки талых ледниковых вод с Восточных склонов Хамар-Дабана и горных хребтов Монголии. Таким образом, имеется два разновозрастных комплекса донных осадков в пределах 100 см.

Главным компонентом является SiO_2 (среднее значение -61,83 %), вторую группу образуют Al_2O_3 , Fe_2O_3 и ППП (5-13 %), третью – оксиды закисного железа, магния, кальция, натрия, калия (1,0-2,5 %); < 1 % составляют марганец, титан и фосфор. По величине коэффициента вариации можно выделить оксиды, которые наиболее разнородно распределены в выборке, и являются критериями различия для голоценовых и позднеплейстоценовых осадков: MnO ($V=111$ %), P_2O_5 (83), FeO (40), K_2O (31), H_2O^- (48). Расчеты геохимических коэффициентов по отдельным возрастным комплексам показали, что наиболее информативным является ICV – в голоценовых осадках >1 (материал менее зрелый, мало глинистых минералов), позднеплейстоценовых ≤ 1 (материал более зрелый, больше глинистых минералов).

Анализ дендрограмм кластерного анализа по содержанию оксидов и геохимическим коэффициентам выделил группировку органических соединений: MnO , P_2O_5 , H_2O^- , ППП, SiO_2 . (кластер-R) и показал информативность кластерного анализа Q-типа, при котором образцы оказались объединены в две группы: пылевато-глинистые голоценовые осадки (9 образцов из 11 – 82 %) и позднеплейстоценовые глины (7 из 10 – 70 %). Таким образом, по содержанию оксидов и их взаимосвязям подтвердилось разделение изученных осадков на два разновозрастных комплекса. Q-кластер по геохимическим коэффициентам выделил три группировки образцов, что позволяет использовать геохимические коэффициенты качестве критериев-признаков разновозрастных комплексов донных осадков Байкала в пределах Академического хребта. Кроме того, по величине геохимических коэффициентов можно сделать некоторые предположения о зрелости осадков и особенностях климатической обстановки их формирования.

Определялись емкость катионного обмена осадков (ЕКО) – 17 образцов, пределы пластичности – 9 образцов и объемная усадка – 9 образцов. Емкость обмена изменяется от 10 до 23 мг-экв (в среднем 17). Этот показатель зависит от содержания тонкоглинистой фракции, коэффициента ее свободы и минерального состава. Рассчитан ЕКО для голоценовых и позднеплейстоценовых осадков. В первом случае этот показатель составил 15 **мг-экв** (10-19), во втором – 19 (12-23,0). Наблюдается некоторое увеличение для позднеплейстоценовых глин, что связано с их большей глинистостью, но агрегированность тонкоглинистых частиц «тормозит» проявление физико-химической активности (при реальном содержании фракции в этих осадках до 44 % ЕКО должна быть значительно выше). Величина объемной усадки составила в среднем 23 %. Пластические свойства грунтов (пределы и число пластичности) – свидетели уровня их гидрофильности, кроме того, они отражают состав глинистых минералов и зависят от степени агрегированности.

В заключение можно сделать следующие выводы: 1) впервые получены данные по микроструктурным особенностям и химическому составу осадков в районе Академического хребта; 2) сравнительный анализ показателей микроструктуры, содержания оксидов и геохимических коэффициентов с применением методов стандартной и многофакторной статистики позволил установить критерии различия между голоценовыми пылевато-

глинистыми и позднеплейстоценовыми глинистыми осадками, на основе которых рассмотрены некоторые генетические вопросы, связанные с источниками сноса и климатическими условиями.

4.3. Пески первого варианта трассы нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан». Инженерно-геологическая оценка песчаных грунтов проводилась в рамках проекта «Нефтепроводная система Восточная Сибирь – Тихий океан» на участке трассы Северомуйск – Таксимо (90 км), где были пройдены скважины глубиной 5-10 м, вскрывшие разрез отложений аллювиального (aQ_{3-4}), делювиально-пролювиального (dpQ_4), делювиального (dQ_4) и озерно-флювиогляциального ($lfgQ_{2-3}$) комплексов. Исследованный участок трассы проходит по долинам рек Муя, Куанда и Витим (пойма, первая и вторая надпойменные террасы), а также пересекает склоны водоразделов и днища распадков. Изыскания проводились ООО «Геострой», комплексный анализ состава и свойств песчаных грунтов был выполнен в АЦ ИЗК СО РАН. При инженерно-геологической оценке грунтов сложилась нестандартная ситуация: по данным полевой документации все они были отнесены к нормальным песчаным грунтам различного гранулометрического состава. Однако на основании детального просмотра воздушно-сухих образцов в лаборатории была выделена особая группа «связных песков» - частично агрегированных, макропористых, иногда карбонатных и установлено, что нормальные (ps), со следами криогенных воздействий (ps^*) и связные пески (ps^{**}) могут принадлежать любому из выделенных геолого-генетических комплексов отложений. Процессы лессового литогенеза, обусловленные вторичными криогенными воздействиями, оказались наложенными на полигенетические песчаные толщи, что изменило их «инженерно-геологическую однородность»: пески не стали лессовыми породами, но приобрели некоторые лессовые признаки – агрегированность, макропористость, карбонатность. Главную роль при этом играли криогенные воздействия, связанные с распространением островной многолетней мерзлоты.

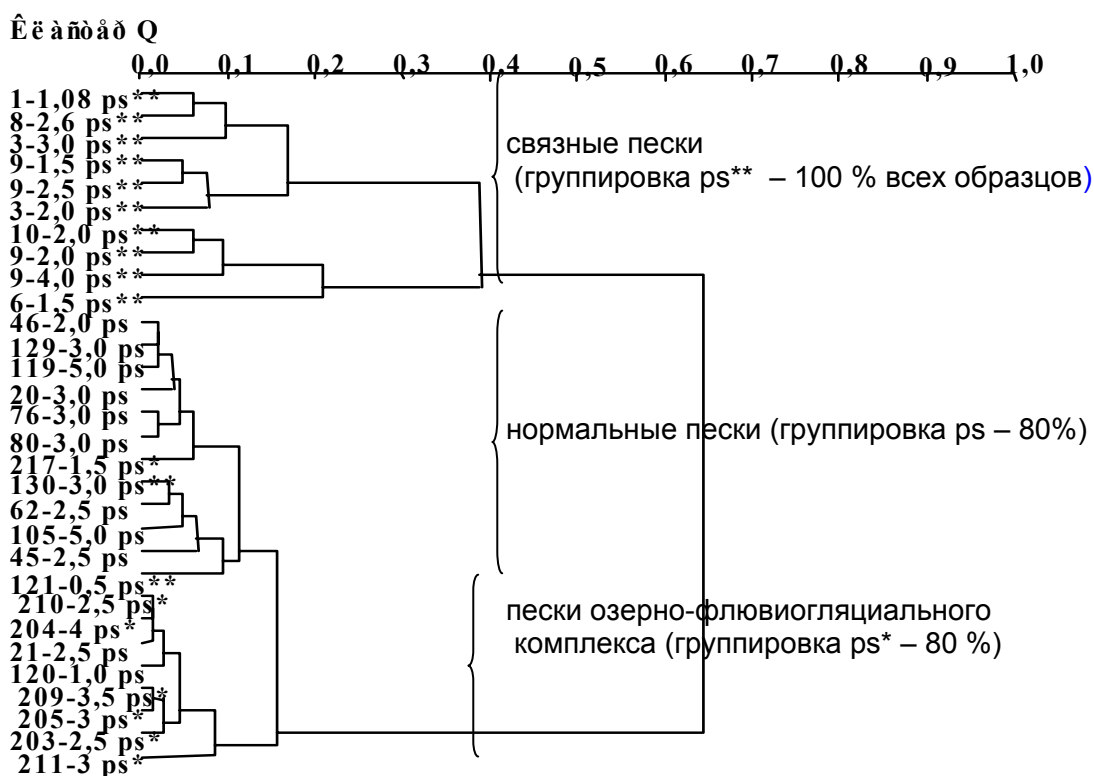


Рис. 4.1. Группирование образцов песков по данным химического состава – кластер Q-типа.

Детальный анализ изменений параметров состава и свойств грунтов в зависимости от их принадлежности к выделенным группировкам рассмотрен в работах [Рященко и др. 2005; Ryashchenko et al, 2005]. Анализ содержания химических компонентов позволяет выделить существенные отличия связных песков (ps^{**}): отмечаются пониженные содержания кремнезема, значительное увеличение железа, магния, кальция, титана, фосфора и марганца;

резко (в 5-7 раз) повышение гигроскопической влажности и потерь при прокаливании (ППП). Можно сделать вывод, что процессы лессового литогенеза существенно изменяют химический состав песков, что еще раз подтверждает закономерность выделения особой (нестандартной) группировки в составе исследованных отложений.

Группировка озерно-флювиогляциальных песков со следами криогенных воздействий (ps*) имеет свои специфические признаки: они обогащены фосфором и марганцем, но обеднены кальцием, натрием и особенно магнием. Эти признаки – свидетели особой генетической принадлежности и более древнего геологического возраста песков. Геохимические коэффициенты, отражающие степень химической зрелости материала (BA , K_z), оказались почти одинаковыми для относительно молодых нормальных и связных песков, но в группировке ps* произошли изменения, указывающие на более высокий уровень этой зрелости, что еще раз подтверждает особое возрастное положение исследованных отложений.

По данным химического состава представлен график-дендрограмма Q-типа, где отражено группирование образцов (рис.4.1). По химическому составу удивительно точно совпали «генетическая» и «формальная» классификации.

Представленные материалы и их обсуждение подтвердили факт разнородности песков, распространенных по трассе нефтепровода. Выделенные группировки не попадают в рамки стандартных песчаных разновидностей, имеют микроструктурные особенности, различные состав и свойства, поэтому отсутствие данных о наличии подобных проблемных грунтов может привести к возникновению чрезвычайных ситуаций, как при строительстве, так и в процессе эксплуатации сооружения.

4.4. Лессовые грунты районов распространения угленосной и красноцветной терригенной осадочных формаций. Исследована коллекция образцов лессовых грунтов, отобранных из скважин и обнажений в районах распространения угленосной (J_{1-3}) и красноцветной терригенной (ϵ_{2-3} – верхоленская свита) геологических формаций. В первом случае она представлена образцами из опорных инженерно-геологических скважин, пройденных на территории г. Иркутска (площадка изысканий под строительство Спортивного комплекса ИрГТУ скв. 1361, 1362, 1363, 1364 в пределах третьей ангарской (левобережной) надпойменной террасы с мощностью лессового субаэрального покрова до 15-20 м) по материалам изысканий ЦГЭИ ИрГТУ. Во втором – образцами из обнажений в районе Братского водохранилища (коллекция О. А. Мазаевой).

Задача исследований состояла в том, чтобы, определив химический состав фракции $< 0,001$ мм и рассчитав содержание в ней различных глинистых минералов (программа «Decompose»), провести сравнение полученных минеральных ассоциаций и определить их влияние на некоторые свойства лессовых грунтов.

Установлены достаточно четкие различия минеральных ассоциаций лессовых грунтов, связанные с определенными геологическими формациями – источниками формирования делювиальных покровов ангарских террас. Можно предположить, что смектит является унаследованным минералом, источником которого были породы юрской угленосной формации, за чей счет происходило формирование делювиальных покровов; возможно, каолинит имеет тот же источник; постоянная примесь хлорита, по всей вероятности, является результатом золотого привноса материала. Последствия этого унаследованного признака определили особенности свойств грунтов: в районе Иркутска отмечается высокое (до 20 %) набухание, разнородная просадочность и значительная (до 94 мг-экв.) емкость катионного обмена фракции, в районе Братского водохранилища – набухание практически отсутствует (< 4 %), лессовые толщи преимущественно просадочные, емкость катионного обмена фракции снижается до 21 мг-экв.

ГЛАВА 5. РОЛЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ

Рассмотренные в предыдущих главах материалы по химическому составу дисперсных грунтов показали возможность различных корреляционно-генетические построений на основе данных о

содержании породообразующих оксидов и значениях геохимических коэффициентов.

Химический состав глинистой фракции грунтов играет прогнозную роль при их инженерно-геологической оценке, так как он позволяет количественно оценить содержание глинистых минералов, которые по своим свойствам (набуханию, гидрофильности, емкости катионного обмена и пластичности) можно объединить в три группы. Первая (каолинит) характеризуется минимальным проявлением указанных свойств, вторая (смектит, вермикулит) – максимальным, третья (гидрослюды, хлорит) занимает промежуточное положение. В зависимости от количественного соотношения этих минералов в составе тонкоглинистой фракции дисперсных грунтов будут изменяться показатели их набухания, гидрофильности, обменной способности и пластичности, что создает необходимые предпосылки для изучения закономерностей формирования опасных свойств дисперсных грунтов и прогноза их проявления при геодинамических воздействиях.

В настоящее время используется оптимальная методическая схема, которая включает расчет количественного содержания глинистых минералов по программе «Decompose» по данным силикатного анализа фракции $< 0,001$ мм (с участием автора).

Из числа физико-химических свойств лессовых и глинистых грунтов в работе рассматривались пластичность, набухание, усадка и емкость катионного обмена, по изложенным данным представлены итоговые «цепочки», показывающие последовательность воздействия различных факторов на проявление изученных свойств. Порядок воздействия достаточно различен, поэтому понятна необходимость изучения каждого свойства в отдельности, тем более что все они играют свою собственную роль при инженерно-геологической оценке грунтов. Пластичность, набухание, усадка – классификационные показатели, относятся к группе опасных (неблагоприятных) свойств; емкость катионного обмена грунта – генетический и геоэкологический критерий; емкость обмена тонкоглинистой фракции – прогнозный параметр для определения ее минерального состава.

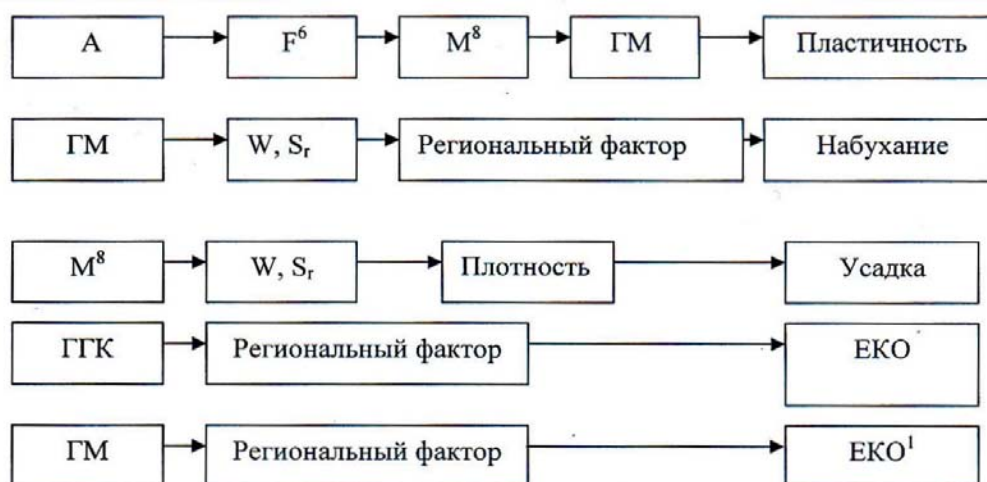


Рис. 5.1. Последовательность воздействия различных факторов на проявление изученных физико-химических свойств. А- общее количество агрегатов, %; F^6 –коэффициент свободы тонкоглинистой фракции; M^8 -реальное содержание фракции $< 0,002$ мм; ГМ-глинистые минералы; W-природная влажность, %; S_r - степень влажности; ГГК-геологогенетический комплекс; ЕКО, ЕКО¹- емкость катионного обмена грунта и фракции $< 0,001$ мм, мг-экв. на 100 г вещества.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты исследований по теме диссертационной работы сводятся к следующему:

1. Интерпретация данных о содержании породообразующих оксидов и значениях геохимических коэффициентов подтверждает выделение геолого-генетические комплексов отложений по геологическим критериям, позволяет проводить климатические реконструкции и устанавливать особенности формирования субэаральных лессовых толщ.

2. Расширение рамок инженерно-геологических исследований и включение химического состава в число определяемых параметров позволило пересмотреть методические

подходы к оценке прочностных свойств тиксотропных глин (из района г. Биробиджана) и выделить присутствие нестандартной разновидности – связных (облессованных) песков со специфическими свойствами.

3. Показана прогнозная роль химического состава глинистой фракции грунтов при их инженерно-геологической оценке, которая заключается в определении количественного содержания глинистых минералов, влияющих на проявление различных физико-химических свойств дисперсных грунтов, и определены порядок факторов проявления этих свойств.

4. Полученные комплексные материалы по химическому составу и физико-химическим свойствам дисперсных грунтов региона позволяют решить ряд прямых и обратных задач. Показатели химического состава могут быть использованы в качестве индикаторов при расчленении проблемных литологических разрезов и различных палеогеографических построениях.

5. Рекомендуются включить изучение минерального состава тонкоглинистой фракции ($<0,001$ мм) грунта в список необходимых определений при инженерно-геологической оценке грунтовых толщ юга Восточной Сибири.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Рященко Т.Г., Хмелевская И.М., **Ухова Н.Н.**, Данилова М.В., Филева Т.С. Комплексные исследования состава, микроструктуры и свойств тиксотропных глин (площадка нефтегазоносной скважины в районе г. Биробиджан) // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002. – С. 80-85.
2. Рященко Т.Г., **Ухова Н.Н.**, Филева Т.С. Количественная оценка многообразия глинистых минералов в дисперсных грунтах // Многообразие грунтов: морфология, причины, следствия. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – С. 71-72.
3. **Ухова Н.Н.** Применение кластерного анализа при изучении химического состава дисперсных грунтов (на примере опорного разреза в районе д. Мальта) // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003. – С. 249-254.
4. **Ухова Н.Н.** Использование показателей химического состава грунтов при изучении инженерно-геологических разрезов (на примере опорного разреза скв.ГС-1) // Строение литосферы и геодинамика. – Иркутск, ИЗК СОР АН, 2003а. – С. 235-237.
5. Рященко Т.Г., **Ухова Н.Н.** Параметры микроструктуры, химический состав и свойства лессовых пород опорного разреза в микрорайоне Солнечный г. Иркутска // Инженерная геология массивов лессовых пород. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – С. 97-98.
6. **Ухова Н.Н.** Химический состав лессовых грунтов как индикатор их инженерно-геологической оценки (генетический аспект). // Тезисы доклада на Вторую «Сибирскую международную конференцию молодых ученых по наукам о Земле». – Новосибирск, 2004. – С. 175-176.
7. **Ухова Н.Н.** Реализация программы «Decompose» для количественной оценки минерального состава тонкоглинистой фракции дисперсных грунтов // Тезисы доклада на Вторую «Сибирскую международную конференцию молодых ученых по наукам о Земле». – Новосибирск, Объединенный институт геологии геофизики и минералогии, 2004. – С.177-178
8. **Ухова Н.Н.**, Рященко Т.Г. Микроструктура, химический состав и физико-химические свойства донных осадков оз. Байкал (хребет Академический) // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. – С. 156-161.
9. **Ухова Н.Н.**, Рященко Т.Г. Использование результатов силикатного анализа при инженерно-геологической оценке дисперсных грунтов (на примере глин из района г. Биробиджана) // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. – С. 161-166.

10. **Ухова Н.Н.** Применение кластерного анализа при геолого-инженерном изучении дисперсных грунтов. // Материалы XV молодежной научной конференции, посвященной памяти К.О. Кратца.– Санкт-Петербург, 2004, – С. 177-179.
11. Рященко Т.Г., **Ухова Н.Н.**, Акулова В.В. Инженерно-геологическая оценка песчаных грунтов (проект «Нефтепроводная система Восточная Сибирь – Тихий океан») // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005. – С. 213-218.
12. **Ухова Н.Н.** Применение кластерного анализа при изучении почвенных разрезов Приольхонья // Научные школы Сибири: взгляд в будущее. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2005. – Т.2. – С. 147-151.
13. **Ухова Н.Н.**, Данилова М.В. Результаты гранулометрического и химического анализов отложений почвенных разрезов Приольхонья (некоторые выводы). // Строение литосферы и геодинамика.– Иркутск, ИЗК СОРАН, 2005.– С. 231-233.
14. **Ухова Н.Н.**, Рященко Т.Г., Данилова М.В. Гранулометрический и химический состав отложений Приольхонья (обсуждение результатов) // Структура, функционирование и эволюция горных ландшафтов Западного Прибайкалья. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2005. – С. 93-104.
15. **Ухова Н.Н.**, Рященко Т.Г., Данилова М.В. Методические подходы к оценке химического и гранулометрического состава, параметров микроструктуры почв и рыхлых отложений // Структура, функционирование и эволюция горных ландшафтов Западного Прибайкалья. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2005. – С. 88-92.
16. Ryashchenko T.G., **Ukhova N.N.**, Akulova V.V. Composition and properties of sands: the unordinary situation at the engineering-geological estimation (project: oil pipeline system “The Eastern Siberia – Pacific ocean”) // Abstract. Int. Symposium on Latest Natural Disasters – New Challenges for Engineering Geology, Geotechnics And Civil Protection – Sofia, Bulgaria, September 5-8, 2005. – P. 40.
17. Рященко Т.Г., **Ухова Н.Н.** Роль физико-химических свойств при инженерно-геологической оценке глинистых и лессовых грунтов Приангарья // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований. – Иркутск, ИрГТУ, 2006. – С. 110-115.
18. Рященко Т.Г., **Ухова Н.Н.** Возможности использования химического состава в комплексной методике оценки геологических опасностей г. Иркутска // Город и геологические опасности. Ч.1. – Санкт-Петербург, 2006.– С. 193-201.
19. Рященко Т.Г., **Ухова Н.Н.**, Акулова В.В. Комбинированная модель формирования субэразальных лессовых отложений Приангарья (новые комплексные данные по опорному разрезу Новоразводная) // Известия вузов Сибири. Серия наук о Земле. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006.– вып.9-10. – С. 129-131.
20. Казанский А.Ю., Рященко Т.Г., Матасова Г.Г., Акулова В.В., **Ухова Н.Н.** Петромагнетизм субэразальных отложений Прибайкалья (опорный разрез у п. Новоразводная, р-н г. Иркутска) // Геофизический журнал. – 2006. – Т. 28. – № 5. – С.335-343.
21. Казанский А.Ю., Рященко Т.Г., Матасова Г.Г., Акулова В.В., **Ухова Н.Н.** Сравнение палеоклиматических записей в лессово-почвенных отложениях Прибайкалья и донных осадках озера Байкал на примере комплексного изучения опорного разреза Новоразводная // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана до континента). – Вып.4, Т.1. – Иркутск, 2006. – С. 130-133.
22. Скляр Е.В., Федоровский В.С., Склярова О.А, Сквитина Т.М, Данилова Ю.В., Орлова Л.А., **Ухова Н.Н.** Гидротермальная активность в Байкальской рифтовой зоне: горячие источники и продукты отложений палеотерм // ДАН. – 2007. – Т. 412, № 2. – С. 1-5.
23. **Ухова Н.Н.** Роль показателей химического состава глинистых грунтов при их инженерно-геологической оценке // Вестник ИрГТУ. – 2007. – №1. – С. 22-24.

Подписано к печати 18.05.2007-03-21
Формат 60x84/16. Бумага офсетная №1. Гарнитура Таймс.
Печать Riso.
Усл. печ. л. 1.0. Тираж 100 экз. Заказ 535.
Отпечатано в типографии Института земной коры СО РАН.
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.