

На правах рукописи

**Миронова Мария Олеговна**

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ  
УРАНОВОРУДНЫХ РАЙОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
(на примере Эльконского урановорудного района)**

Специальность - 25.00.36. Геоэкология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Москва 2012

Работа выполнена в ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии» (ВНИИХТ) Госкорпорации «Росатом».

Научный консультант: кандидат геолого-минералогических наук  
**Янин Евгений Петрович**

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук  
**Галицкая Ирина Васильевна**

кандидат геолого-минералогических наук  
**Онищенко Татьяна Леонидовна**

Ведущая организация: Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета (ЕНИ ПГНИУ)

Защита состоится 15 марта 2012 г. в 14<sup>00</sup> на заседании диссертационного совета Д 216.012.01 Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ), адрес: 121357, Москва, ул. Вересаева, д. 15., тел.: (495) 443 84 28, факс: (495) 443 90 43, e-mail: [imgre@imgre.ru](mailto:imgre@imgre.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ), адрес: 121357, Москва, ул. Вересаева, д. 15.

Автореферат разослан 08 февраля 2012 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Легейдо В.А.

## **Введение**

**Актуальность работы.** В связи с дефицитом уранового сырья в России принято решение разрабатывать собственные запасы, что является новым для нашей страны типом хозяйственной деятельности. По требованию законодательства, подобные работы следует проводить с учетом воздействия на природную среду. Использование современных методов изучения природной среды для оценки изменений определяет актуальность представляемой работы.

**Цель работы** – разработка методов оценки изменений жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек в результате освоения резервных месторождений Эльконского урановорудного района (ЭУР), республика Саха (Якутия).

### **Задачи исследования:**

1. Определение параметров, характеризующих состояние природной среды, с учетом ее специфики и особенностей производства.
2. Разработка структуры ГИС, которая позволит хранить и обрабатывать информацию о фоновом состоянии природной среды и, в дальнейшем, об актуальном ее состоянии.
3. Разработка программного средства автоматического определения изменений состояния компонентов природной среды Эльконского урановорудного района в ходе освоения.

**Объект и методы исследования.** Объектом является часть ЭУР, с которой планируется начинать освоение: зоны Южная, месторождения Дружное, Курунг и Эльконское плато. На основе геосистемного подхода, с использованием метода ключевых участков, была дана характеристика фонового (исходного) состояния природной среды. Она была определена в результате маршрутных исследований, с помощью методов геохимического опробования и последующих анализов проб компонентов природной среды методами атомно-эмиссионной спектроскопии, масс-спектрографии, альфа-, гамма-спектрометрии, бета-радиометрии и ионной хроматографии. С помощью геоинформационных методов были обработаны данные о фоновом состоянии природ-

ной среды района и разработан инструмент для геоэкологической оценки изменений. Это обеспечило достоверность полученных положений и выводов.

**Личный вклад автора** состоит в анализе и обосновании выбора параметров, которые характеризуют природную среду ЭУР на основе геосистемного подхода: с учетом геохимической, ландшафтной, гидрологической, радиоэкологической специфики территории; в разработке логической структуры, принципов функционирования и реализации на их основе геоинформационной системы (ГИС) для хранения и обработки данных о значениях этих параметров; в разработке алгоритма и создания инструмента для оценки изменений значений параметров, характеризующих состояние природной среды..

**Научная новизна.**

- Конкретизирована методика геоэкологической оценки для территории планируемого освоения урановых месторождений ЭУР;
- Методика оценки адаптирована для автоматизации процесса геоэкологической оценки территории;
- Разработана геоэкологическая ГИС района планируемой добычи урановых руд.

**Практическая значимость.**

- Разработанная геоэкологическая ГИС трех месторождений Эльконского района используется для технико-экономического обоснования (ТЭО), обоснования инвестиций (ОБИН) и оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании и промышленном освоении резервных урановых месторождений ЭУР.
- Разработанная ГИС может использоваться при планировании превентивных природоохранных мер, как средство геоэкологической оценки воздействия ЭГМК, в качестве основы для производственного экологического мониторинга и мониторинга состояния окружающей природной среды.

- Конкретизированная методика геоэкологической оценки может быть применена к другим урановым месторождениям сходного типа и месторождениям других полезных ископаемых в аналогичных геологических условиях.

#### **Защищаемые положения.**

1. Показано, что фоновые геоэкологические исследования в предполагаемой зоне воздействия планируемых предприятий добычи и переработки урановых руд резервных месторождений эргономично<sup>1</sup> проводить с использованием геоинформационных технологий.
2. Уточненная методика позволяет дать характеристику природной среды ЭУР с учетом геохимических, ландшафтных, гидрологических и радиационных факторов воздействия предприятия добычи и переработки урановых руд, а также дает возможность хранить и обрабатывать информацию с применением геоинформационных технологий.
3. На примере Эльконского урановорудного района показана возможность применения геоинформационной системы для автоматизации оценки техногенных изменений природной среды и картирования природных аномалий в зоне воздействия планируемых предприятий добычи и переработки урановых руд резервных месторождений.

**Апробация.** Результаты работы доложены на XI Международной научно-инновационной конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов «Полярное сияние 2008» (Санкт-Петербург, 28 января – 2 февраля 2008 г.) и на годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии - Десятых Сергеевских чтениях: «Международный год планеты Земля: задачи геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии», Москва,

---

<sup>1</sup> Под эргономичностью понимается свойство программного продукта минимизировать усилия пользователя по подготовке исходных данных, обработке данных и оценке полученных результатов.

20-21 марта 2008 г., а также изложены в ряде научных отчетов ОАО «ВНИИХТ» (2007-2009 г.г.)

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ, включая 2 статьи – в журналах, входящих в перечень реферируемых ВАК изданий.

**Объем и структура работы.** Диссертация, объемом 134 страницы, состоит из введения, пяти глав и заключения, двух приложений и списка использованных источников (147 названий), содержит 14 таблиц и 29 иллюстраций.

**Благодарности.** Автор благодарит научного консультанта Янина Е.П. Автор выражает особую благодарность д.т.н., проф. Кузину Р.Е. за любезное предоставление материалов, позволивших выполнить настоящую работу. За плодотворную критику и научные консультации автор признателен д.г.-м.н., проф. Голевой Р.В. За ценные советы и консультацию автор благодарит к.г.-м. н. Вдовину О.К. и к.г.н. Трефилову Н.Я.

## **Содержание работы**

Во *введении* обоснована актуальность темы диссертации и ее практическая значимость, сформулированы цель и решаемые задачи, определен объект изучения (рис. 1), указаны научная новизна и практическая значимость.

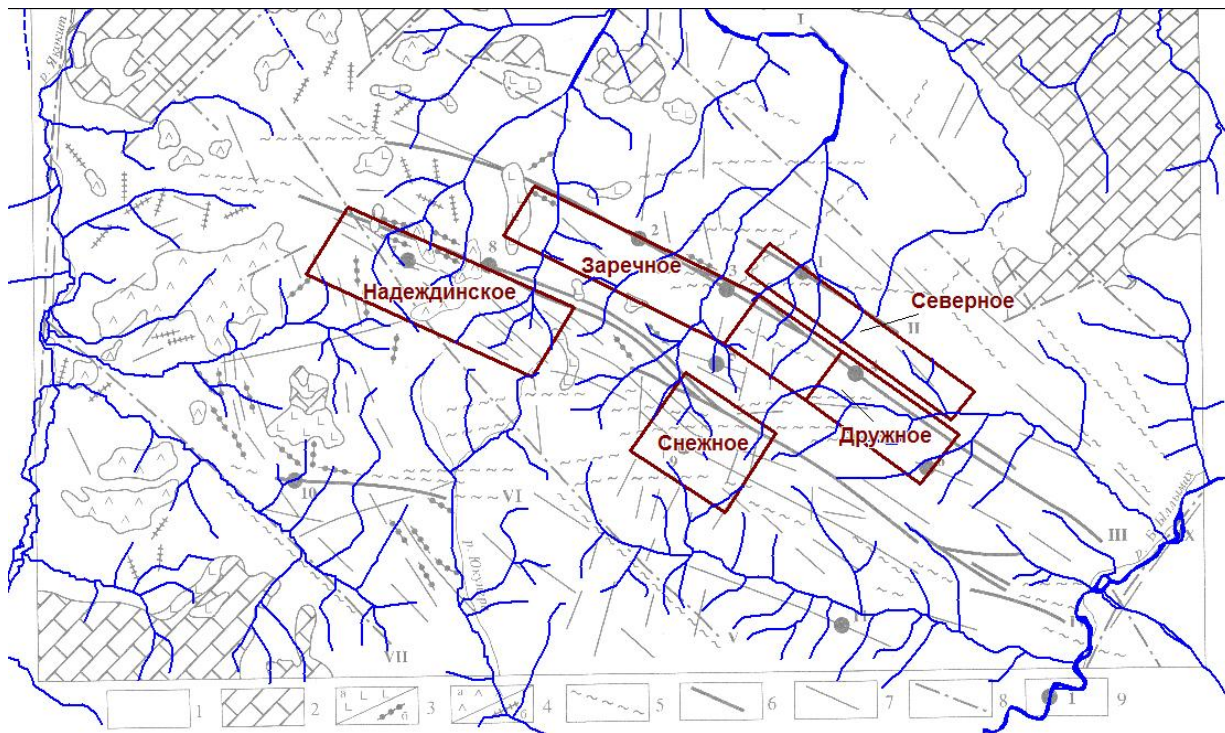
### **Глава 1. ГИС как совершенный информационный инструмент фоновых геоэкологических исследований**

В главе 1 рассматриваются возможные технические решения создания эргономичной системы сопровождения фоновых исследований, обосновывается выбор ГИС в качестве инструмента обработки геоэкологической информации и программного пакета MapInfo Professional как технического средства реализации.

Возможности современных геоинформационных систем включают обработку обычных (текстовых и различных форматов числовых) данных и географических координат, позволяя конечному пользователю получать интересующие его результаты, по выбору, в виде карт,



А.Л., Пилипенко Г.Н., Тарханова А.В. и др. Рассматриваются также особенности формирования, состава и залегания рудных тел, история изучения и освоения района.



Фиг. 1. Геолого-структурная карта Эльконского рудного района. По материалам Прилепского ПГО, ВИМСа, ВСЕГПИ.

1 – метаморфические и граптоидные комплексы Алданского щита (AR<sub>2</sub>-PR<sub>1</sub>); 2 – платформенные карбонатные отложения кембрия; 3, 4 – малые интрузии (а) и дайки (б) мезозойского магматического комплекса; 3 – щелочноземельные (J<sub>2</sub>), 4 – щелочные (J<sub>2</sub>-K<sub>1</sub>); 5 – древние зоны бластомилонитов; 6 – древние зоны, омоложенные в мезозое; 7 – мезозойские тектонические зоны; 8 – неотектонические постмезозойские нарушения; 9 – урановые месторождения: 1 – Северное, 2 – Эльконское плато, 3 – Курунг, 4 – Дружное, 5 – Невское, 6 – Весеннее, 7 – Интересное, 8 – Надежда, 9 – Снежное, 10 – Луговое, 11 – Агдинское. Основные тектонические зоны: I – Северо-Восточная, II – Юго-Восточная, III – Юго-Западная, IV – Южная, V – Юго-Западная, VI – Бластомилонитовая, VII – Юххтинская, VIII – Яко-

Рис. 2. Пример рабочего окна. Геолого-структурная карта. Выведена исходная геолого-структурная карта (А.К. Мигута, 2001) – растровая подложка, таблицы «Водные объекты» и «Месторождения».

Геологическая среда является фактором, определяющим сам факт освоения Эльконского урановорудного района, уникальность его естественных ландшафтов и вероятные последующие изменения их в результате хозяйственной деятельности. Именно от особенностей геологического строения зависит природная среда территории, геохимическая и радиационная обстановка. Месторождения отличает уникальный характер приразломных предрудных золотосодержащих калиевых метасоматитов. Запасы урана оцениваются как самые крупные в мире (344 тыс. т), но руды - бедные. Основным полезным компонентом является браннерит. Планируется попутное извлечение золота, рассматривается возможность добычи серебра и молибдена. Высоко содержащиеся халькофильных элементов.

Еще до начала освоения месторождений следует предполагать аномально высокие по сравнению с окружающей территорией концентрации некоторых химических элементов в средах и повышение радиационного фона вследствие образования вторичных ореолов рассеяния. При строительстве комбината, добыче, обогащении и переработке руды будут происходить неизбежные изменения окружающей среды, также во многом определяемые геологическим строением. В настоящее время изучение природной среды района продолжается.

### **Глава 3. Выбор параметров, характеризующих природную среду района и формирование массива исходных данных**

В главе анализируются и корректируются методики геоэкологического исследования применительно к специфическим условиям изучаемой территории.

Общее состояние природной среды может быть оценено на основе геосистемного подхода через состояние каждого из ее компонентов. Они могут быть описаны с помощью качественных и количественных характеристик. В результате изучения возможных факторов техногенного воздействия на компоненты природной среды региона, обоснован перечень основных параметров, по изменению которых можно оценивать геоэкологическую обстановку Эльконского урановорудного района. В этот список вошли:

1. Качественные показатели состояния природной среды: состояние рельефа; поверхностных водных объектов; типы почв; характер растительного покрова;
2. Количественные показатели состояния компонентов природной среды (воздуха, поверхностных водных объектов, растительности, почв):
  - 2.1. Содержание химических элементов – вероятных эмитентов, имеющих важное значение в качестве индикатора или способных оказать токсическое воздействие на растительность, животных и население района: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Cl, Co,

Cr, Cu, F, Fe, Hg, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Si, Sn, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, Zn, Zr;

- 2.2. Содержание анионов, активно мигрирующих в природных водах изучаемого района и являющихся хорошими индикаторами техногенного воздействия:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ;
3. Содержание радиоактивных изотопов, природных и техногенных:  $^{238}\text{U}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ;
4. Общая оценка радиоактивного загрязнения: мощность дозы  $\gamma$ -излучения на высоте 3 см и 1 м от поверхности земли, эманации  $^{222}\text{Rn}$ .

В главе дано обоснование выбора каждого из количественных показателей. Методом исключения были определены химические элементы и изотопы, которые характеризуют особенности природной среды в связи со спецификой геологического строения, могут стать вероятными поллютантами или индикаторами техногенных изменений.

Актуальное состояние природной среды может быть оценено только в результате полевых исследований. Экспедициями, проведенными в 2007-2008 гг. совместно специалистами ОАО «ВНИИХТ» (в то время - ФГУП «ВНИИХТ») и Якутского государственного университета им. М.К. Амосова (ЯГУ) были собраны материалы, анализы которых согласно приведенному выше списку составили массив исходных данных о фоновом состоянии компонентов природной среды Эльконского урановорудного района. В ходе полевых исследования со стороны северного склона через долину р. Русская в сторону южного склона был заложен эколого-геоботанический профиль из 22 ключевых участков, с учетом рельефа, экспозиции, состояния растительных сообществ, антропогенных изменений - отражающие состояние типичных ландшафтов. В их расположении отображается характерная для изучаемой территории высотная поясность. Комплекс работ, проведенных экспедициями, включал определение географических координат ключевых участков; определение состояния почвенного покрова, растительных сообществ, животных, насекомых; отбор проб (почва, расти-



- В границах месторождения - на удалении 1-1.5 км от других точек опробования;
  - Пробы поверхностного слоя воды основных водотоков, дренирующих территорию района, выше и ниже месторождений;
  - В населенном пункте Томмот;
  - В аналогичных ландшафтах на удалении 20-30 км от района.
- Всего было отобрано 298 проб в 268 дополнительных точках.

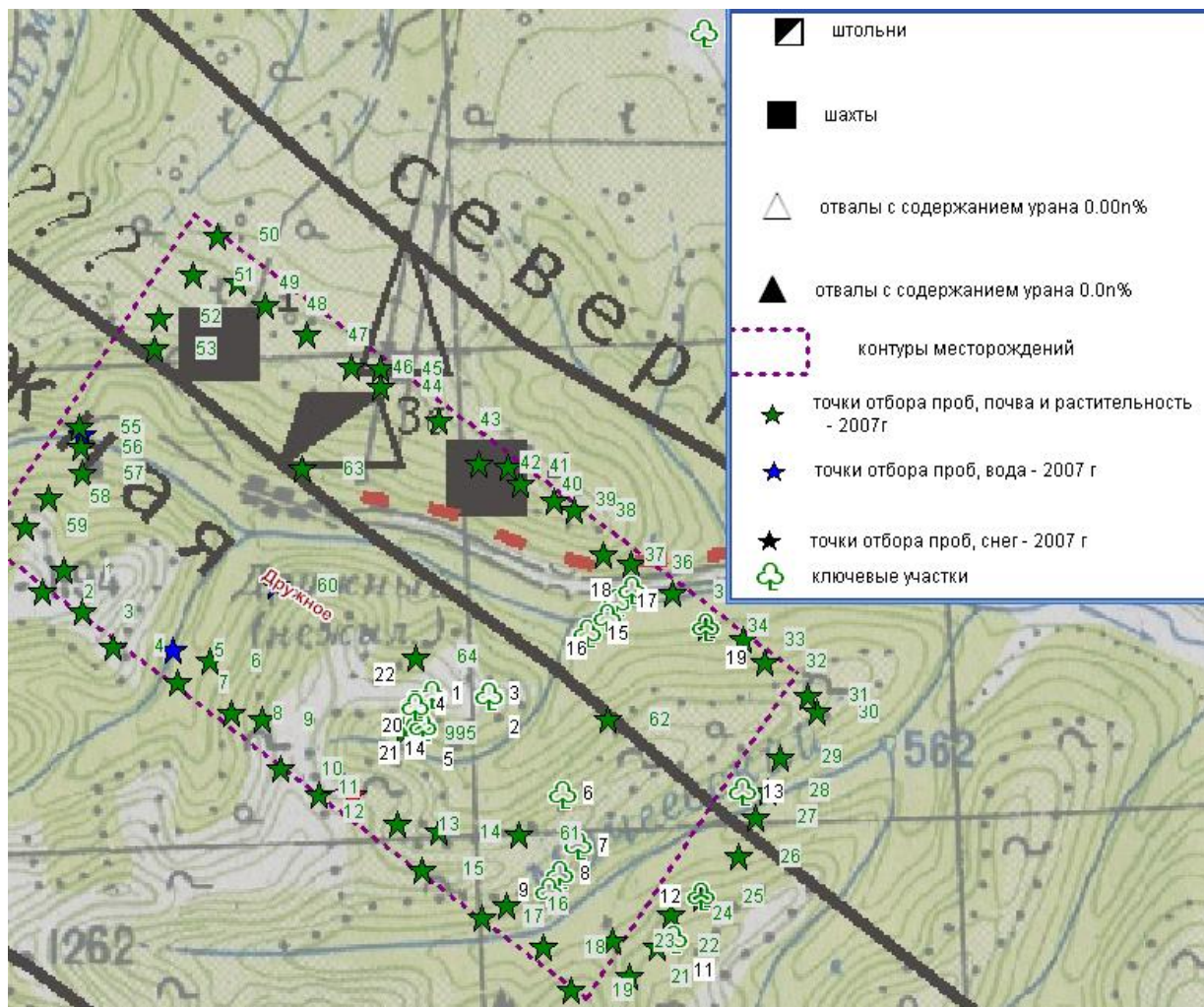


Рис. 4. Пример рабочего окна. Карта фактического материала, М 1:50000. Месторождение Дружное.

#### **Глава 4. Разработка структуры и реализация геоинформационной системы сопровождения фоновых экологических исследований**

В главе описана конкретизация методов разработки ГИС применительно к созданию ГИС сопровождения фоновых экологических ис-

следований ЭУР: структурирование исходных данных, создание базы геоданных и реализация типовых операций по работе с ней.

Данные о фоновом состоянии организованы в тематические слои (таблицы, по терминологии MapInfo). Слои содержат информацию об однотипных объектах (например, о реках, месторождениях, точках отбора проб). Каждый слой данных сопровождается таблицей атрибутов; все объекты слоя могут быть описаны характеристиками, которые включены в атрибутивную таблицу (более подробно об атрибутивных таблицах – в главе 5). На основании этих таблиц возможно формирование тематических карт путем набора необходимых слоев данных для интересующего участка (рис. 5). Создание тематических карт - важная, но простейшая задача, реализуемая посредством применения геоинформационных технологий. Применение разработанной системы не ограничивается только удобным отображением хранимой информации.

В ходе разработки определился следующий состав слоев данных: 1) реки и ручьи территории; 2) границы месторождений; 3) устья штолен; 4) устья шахт; 5) существующие отвалы; 6) точки отбора дополнительных проб; 7) ключевые участки.

Геоинформационные технологии позволяют работать с атрибутивными полями как с реляционной базой данных; для обеспечения этого используются разные форматы атрибутивных полей (табл.1). Список и формат данных, которые могут быть включены в атрибутивные таблицы слоев, разрабатывался индивидуально, исходя из особенностей данных слоя. Для водных инфраструктурных объектов в качестве атрибутов используется только идентификатор объекта (название, номер и т.п.) Для ключевых участков и точек отбора проб отобранный список атрибутов настолько велик, что стало целесообразным разбить некоторые таблицы на две и более, с идентичными географическими объектами, характеризующимися разными атрибутами. Так, таблица (слой) «Точки отбора проб» была разбита на три: «Точки отбора проб (фактический материал)», содержащую общую информацию, и более

специализированные «Точки отбора проб (элементы)» и «Точки отбора проб (радионуклиды)». Полный список всех полей всех таблиц системы, насчитывающий 347 позиций, приведен в Приложении 1 диссертационной работы.

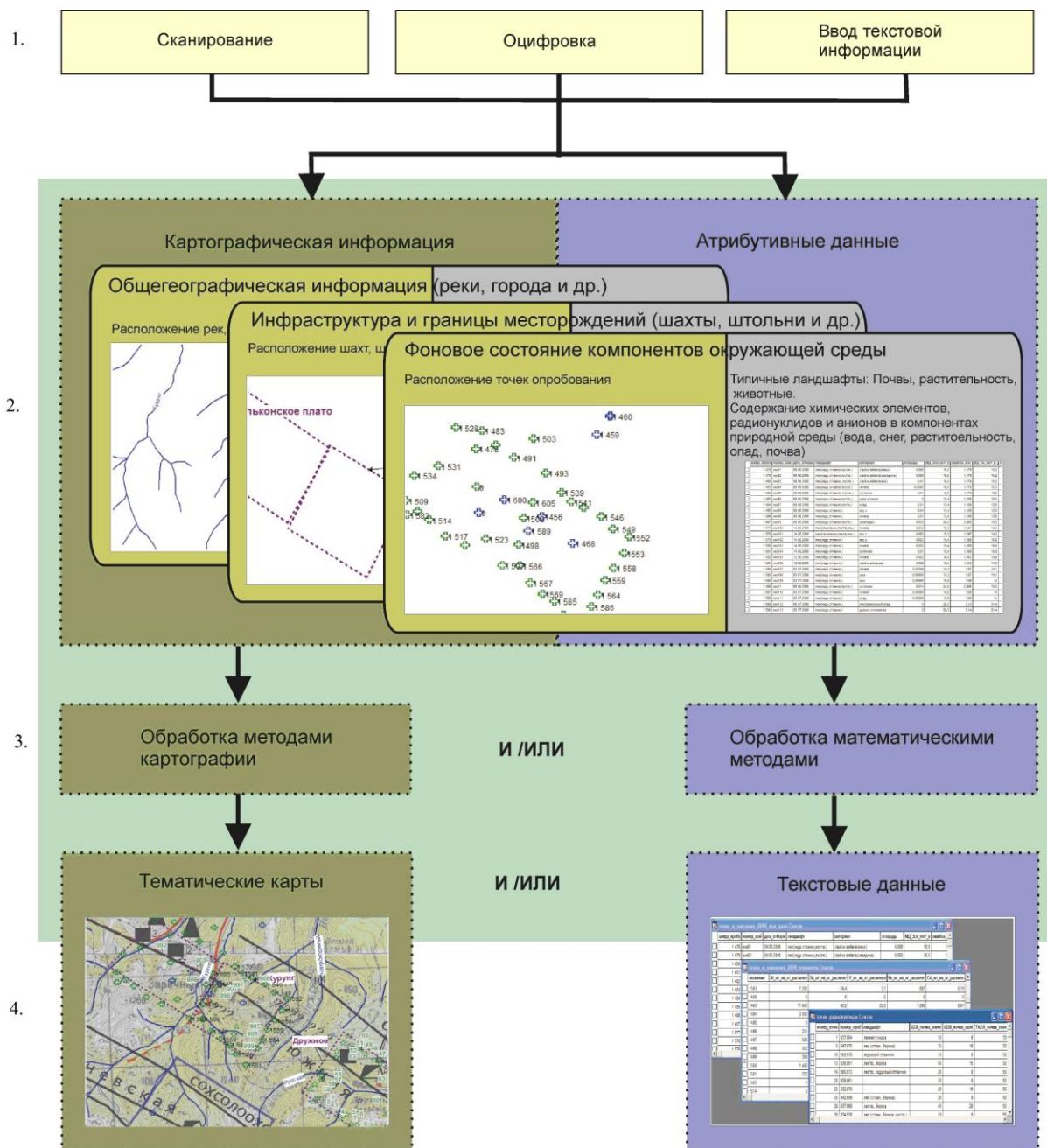


Рис. 5. Структурная схема работы ГИС сопровождения фоновых экологических исследований. 1 – блок ввода информации; 2 – блок хранения информации; 3 – блок обработки информации; 4 – блок визуализации информации.

Таблица 1.

Формат атрибутивных полей таблицы «Точки опробования экспедиции 2008 года: Общая информация» (фрагмент Приложения 1)

	Смысл содержания поля <sup>2</sup>	Тип данных
1.	Лабораторный номер пробы	Вещественное
2.	Тип изучаемого ландшафта	Символьное (33)
3.	Дата отбора пробы	Дата
4.	Площадь отбора твердой пробы, м <sup>2</sup>	Вещественное
5.	Мощность дозы $\gamma$ -излучения на высоте 3 см, мкР/ч	Вещественное
6.	Ошибка измерения	Вещественное
7.	Мощность дозы $\gamma$ -излучения на высоте 1 м, мкР/ч	Вещественное
8.	Ошибка измерения	Вещественное
9.	Координаты отбора проб, широта	Вещественное
10.	Координаты отбора проб, долгота	Вещественное

В графическом отношении каждый слой представлен однородными по способу отображения графическими объектами:

- Расположение водных объектов (реки и ручьи): линейные и площадные объекты (таблица «Водные объекты», рис. 1, 2);
- Расположение границ месторождений: площадные объекты (таблица «Месторождения», рис. 1, 2);
- Расположение устьев шахт, штолен, отвалов: точечные объекты;
- Расположение точек отбора проб и ключевых участков: точечные объекты.

Точки наблюдений разных лет отличаются внутри одного слоя по форме знака, точки отбора различных проб – по цвету (отбор проб воды – синие, проб растительности – зеленые и пр.).

<sup>2</sup> Из-за особенностей хранения данных в названиях полей и таблиц используется система индексации.

Отдельные слои данных - привязанные растровые карты: геолого-структурная (рис. 2) и топографическая, М 1:200 000 (рис. 1, 4) - основа для создания системы. С последней были оцифрованы данные о водных объектах и инфраструктуре месторождений. Слои данных, содержащие информацию о фоновом состоянии природной среды территории, были созданы на основе GPS-съёмки, проведенной экспедициями 2007-2008 гг. Были нанесены точки отбора проб, расположение ключевых участков. После анализа отобранных проб, были заполнены атрибутивные таблицы. На этом этапе система может использоваться для хранения и отображения данных о фоновом состоянии природной среды. Они могут быть отображены по запросу пользователя (рис. 6). Компоновка слоев позволяет создавать тематические карты (рис. 1, 2, 3, 4) Дополнительно создан слой данных "Легенда", описывающий все использованные условные обозначения (рис. 3, 4).

### **Глава 5. Анализ геоэкологической обстановки**

В последней главе описан процесс создания инструмента для оценки изменений состояния компонентов природной среды и рассмотрен опыт его применения для картирования литохимических и гидрохимических ореолов рассеяния месторождений ЭУР.

Инструментом для оценки изменений стала компьютерная программа, написанная на языке MapBasic 5.0 (код программы приведен в Приложении 2 диссертации). В режиме диалоговых окон пользователь выбирает те данные, которые хочет изучить и те данные, которые он принимает как эталонные. Программа находит отличия между ними. В дальнейшем, когда ГИС будет включать не только данные о фоновом состоянии природной среды, она будет использоваться для оценки произошедших изменений – за эталонные будут приняты фоновые значения, содержащиеся в системе в данный момент. Однако в настоящее время, до начала строительства ЭГМК, невозможно получить информацию о состоянии измененной природной среды и провести оценку изменений.

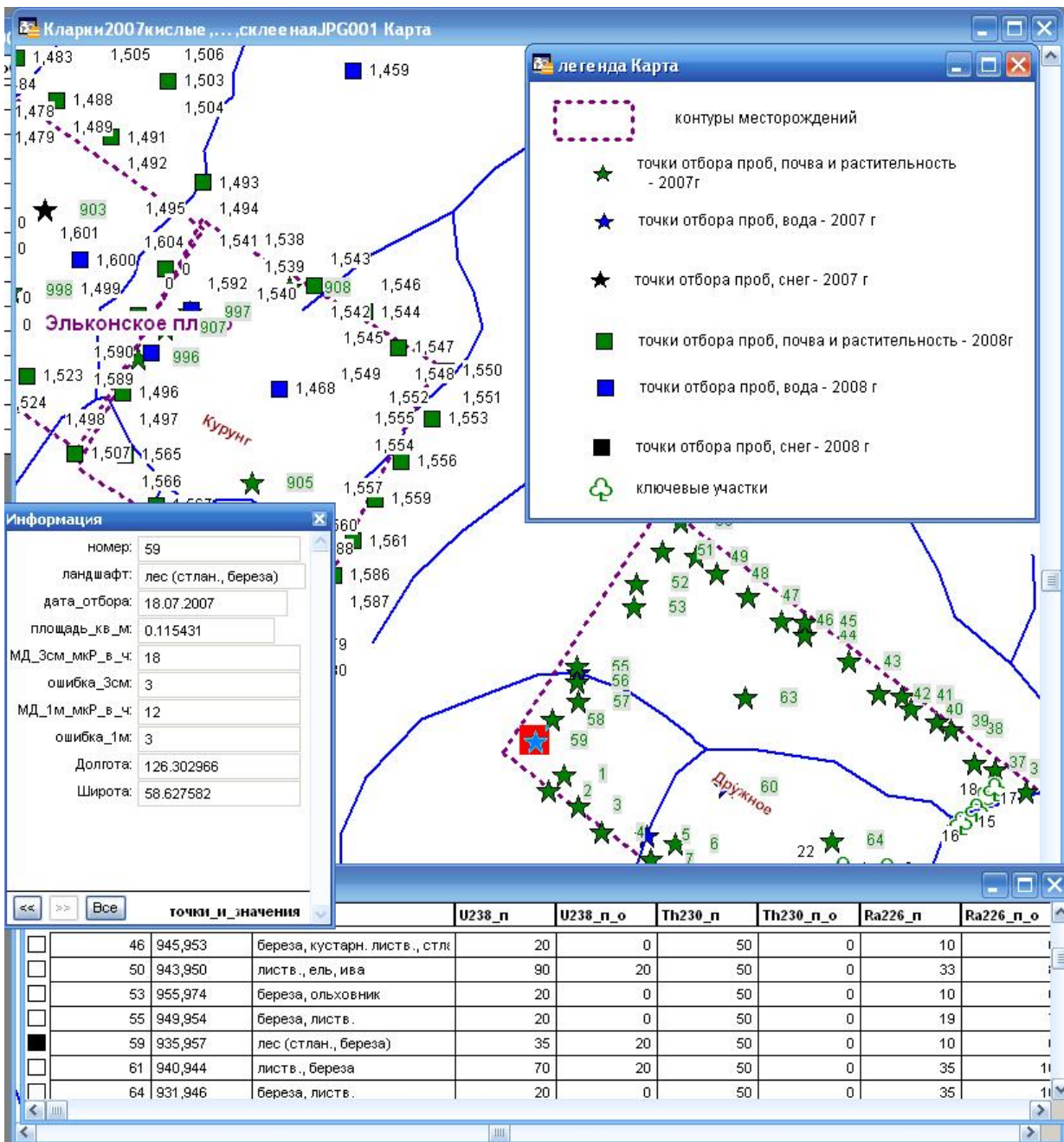


Рис. 6. Пример рабочего окна. Выведены: карта фактического материала М 1:50000, таблица значений активностей радионуклидов, общая информация о точке наблюдений № 59.

Универсальность программы позволяет сравнивать данные не только с местными фоновыми. Пользователь сам выбирает эталонные значения, что дает возможность использовать Программу, например, для категорирования ряда наблюдений. Для проверки работоспособности программы было проведено исследование содержания в почвах и водах района элементов. В качестве точки отсчета были выбраны ПДК соответствующих элементов для соответствующих сред и кларки (по

А.П. Виноградову (1962)). В результате работы программы были определены превышения содержания элементов и созданы карты ассоциаций сонахождения элементов в почвах и водах изучаемой территории (рис. 7, 8).

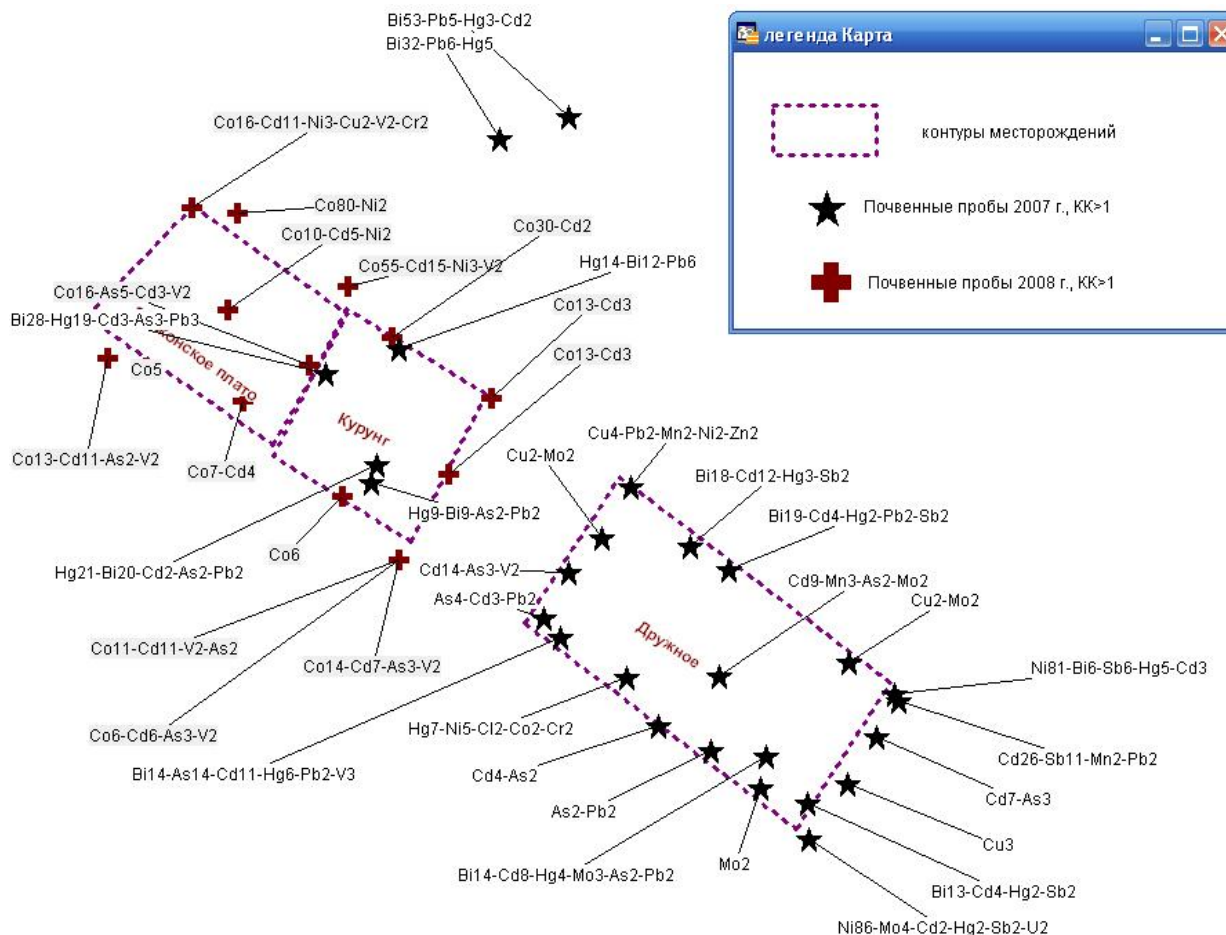


Рис. 7. Пример рабочего окна. Карта ассоциаций сонахождения в точках наблюдения, по результатам сравнения данных наблюдений со средним содержанием в кислых породах; в качестве подписей показаны формулы ассоциаций в точках наблюдений. М 1:50 000.

На основе данных о превышении содержания в почвах кларковых чисел элементов был рассчитан природный аналог суммарного показателя загрязнения ( $Z_c$ ) - показатель природной (или потенциальной) экологической опасности (ПЭО), предложенный И.А. Морозовой. Он рассчитывается как сумма кларков концентрации (КК) элементов элементов I, II, III классов опасности, минус число элементов, участвующих в расчете без одного. Значения показателя достигают 66 (рис. 9). Использование в исследовании разных значений кларков – среднего для литосферы (которое используется для расчета ПЭО) и среднего

содержания для кислых пород показало значительные различия в значении некоторых КК. Так, составленные формулы ассоциаций сонахождения для точки 1529 -  $Cd_8-Co_5$  и  $Co_{16}-Cd_{11}-Ni_3-Cu_2-V_2-Cr_2$  соответственно.

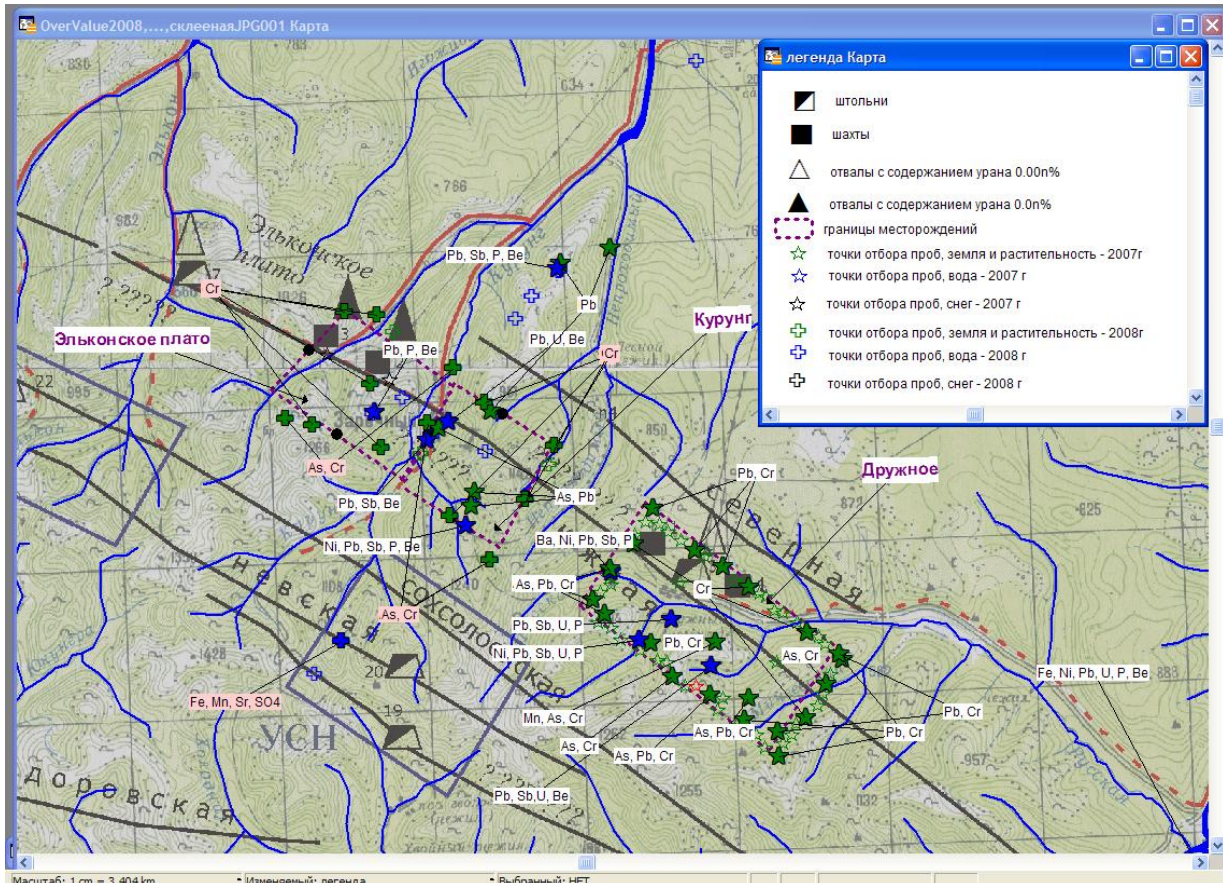


Рис. 8. Пример рабочего окна. Карта ассоциаций сонахождения в точках наблюдения, составленная по результатам сравнения данных наблюдений с ПДК<sub>в</sub> и ПДК<sub>п</sub>; в качестве подписей выведены химические элементы, чье содержание превышает ПДК. М 1:100 000.

В результате анализа полученных результатов было установлено:

- Геохимический фон ЭУР отличается повышенными содержаниями в почвах Вi (КК=6-18); Со (до 55 КК), Cd (до 26), Hg (КК=1,5-7), As (до 14 КК), Sb (до 11 КК). Наблюдается локальное повышение содержания Мо. В некоторых случаях наблюдаются повышения содержания Sb (2-4 КК), и Ni (до 86). В отдельных точках содержания Cl, V, U, Zn, Cr превышают кларковые в 2-3 раза. Содержания Pb и Ni колеблются между 1-2 КК, Cu – 1-3 КК, Мо – 0.5-4 КК.

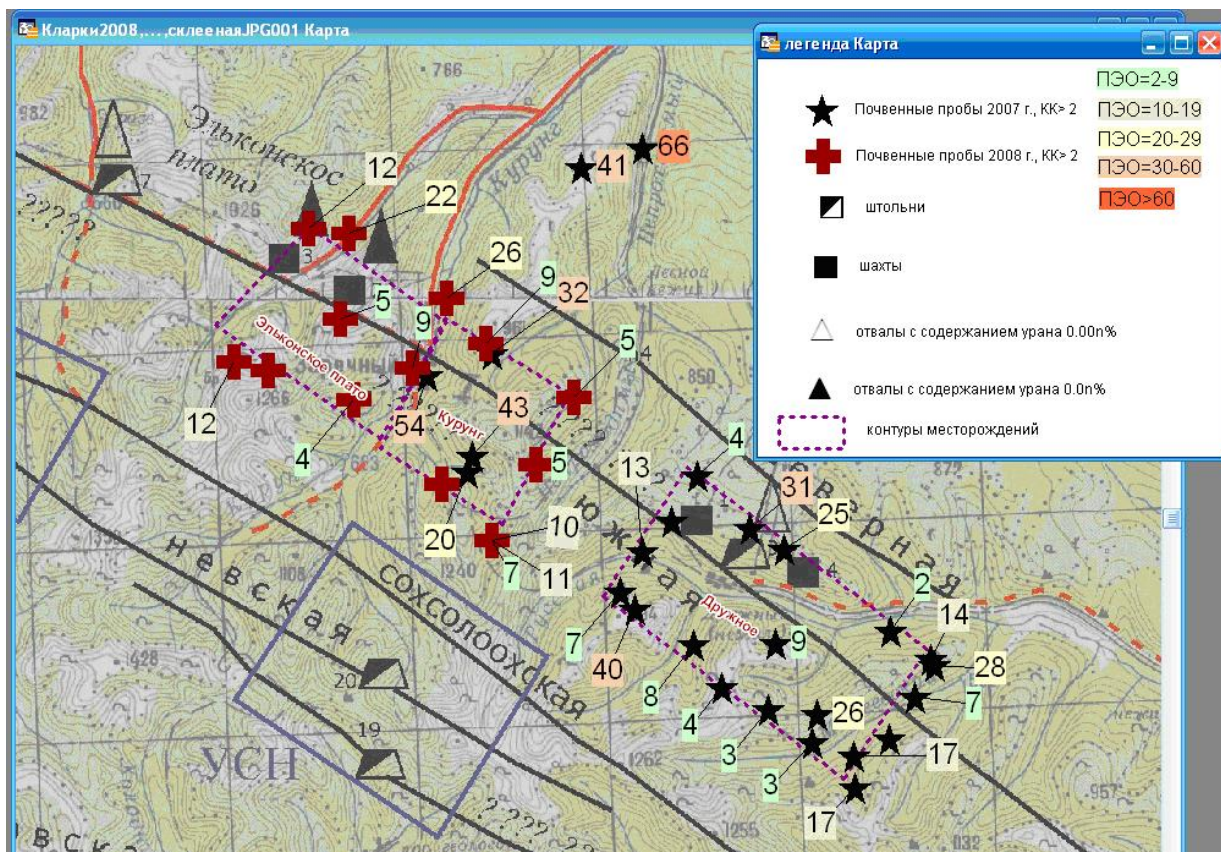


Рис. 9. Пример рабочего окна. Карта значений показателя природной экологической опасности (ПЭО) в точках наблюдения. Значения ПЭО выведены в качестве подписей. М 1:100 000.

- Повышенное (относительно кларка) содержание ртути приводит к превышению ПДК<sub>п</sub> только в одной из точек наблюдения.
- На территории ЭУР наблюдается превышение установленных нормативов содержания в почвах хрома и, часто, мышьяка и свинца. В единичных случаях в почвах наблюдается превышение ПДК марганца и ртути. Исследования водных проб 2007 г. выявили превышения ПДК свинца в водоемах урановорудного района. На территории месторождения Дружное поверхностные водоемы существенно (с превышением ПДК) загрязнены ураном, фосфором и свинцом; некоторые водоемы месторождений Эльконское Плато и Курунг – фосфором, сурьмой и бериллием. В единичных случаях обнаружены превышения ПДК марганца и железа (в том числе – вблизи населенных пунктов), стронция, никеля, сульфат-ионов.

- В большинстве случаев повышенные химических элементов в почвах и водах обусловлены влиянием природных факторов (наличием рудных тел, длительное время подвергавшихся выветриванию и денудации), то есть являются проявлением природной геохимической аномалии.
- Показатель природной экологической опасности ПЭО на территории месторождений ЭУР доходит до 66 и значительно меняется между соседними точками наблюдений.

В дальнейшем будет возможно в автоматическом режиме делать выводы об изменениях природной среды по отношению к ее фоновому состоянию, определенному в 2007-2008 гг.

### **Заключение**

На основе геосистемного анализа обоснован комплекс специфических факторов, который характеризует состояние природной среды ЭУР. Факторы характеризуются набором параметров, значения которых описывают состояние природной среды в определенный момент времени. В настоящее время, до начала строительства ЭГМК, значения указанных параметров характеризуют фоновое (исходное) состояние природной среды района. Специфической чертой является интеграция общегеографической, геохимической и радиоэкологической информации.

Для параметров подобран формат, который дает возможность хранения и обработки их значений с использованием ГИС-технологий. На основе данных, полученных полевыми экспедициями, была реализована геоинформационная система поддержки фоновых исследований территории ЭУР. Она содержит информацию о фоновом состоянии природной среды района планируемых к освоению месторождений Дружное, Курунг и Эльконское плато Эльконского урановорудного района. Тематические данные каждого слоя могут быть отображены в виде таблицы или карты.

Геоинформационная система может использоваться для геоэкологической оценки территории. Разработана программа, позволяющая определять отличия в состоянии компонентов природной среды от тех, которые пользователь системы принимает за эталонные. В качестве примера применения программы выявлены превышения содержания элементов в почвах и водах ЭУР – относительно ПДК и средних содержаний элементов в литосфере. В дальнейшем, принимая за эталонные те данные, которые включены в систему в настоящий момент, будет осуществляться геоэкологическая оценка изменений природной среды в результате освоения резервных месторождений Эльконского урановорудного района.

### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

В журналах из перечня ВАК:

1. Величкин А.С., Миронова М.О., Колыбанов К.Ю., Кузин Р.Е. Разработка экологической ГИС резервных месторождений Эльконского урановорудного района // Геоэкология, 2009, №5, с. 470-476.
2. Миронова М.О., Кузин Р.Е. Геоинформационная система сопровождения фоновых экологических исследований в Эльконском урановорудном районе. // Геоинформатика, 2009, №4, с. 43 – 48.

Публикации в других изданиях:

3. Миронова М.О. Разработка геоинформационной системы сопровождения фоновых экологических исследований в Эльконском урановорудном районе. // Сборник тезисов Конференции молодых ученых и специалистов, посвященных дню химика 4-5 июня 2009 г. М., ФГУП «ЦНИИАтоминформ», 2009, - с. 44-45.
4. Миронова М.О., Величкин А.С. и др. Фоновые экологические исследования Эльконского урановорудного района. // Сборник трудов международной молодежной научной конференции «Полярное сияние 2008». М.: МИФИ, 2008 – с. 145-146.

5. Миронова М.О., Величкин А.С., Кузин Р.Е.. Разработка региональной ГИС по обращению с отходами при переработке урановых руд резервных месторождений Эльконского урановорудного района. // Сборник трудов конференции «Сергеевские чтения-2008». Выпуск 10. М.: ГЕОС, 2008 – с. 452-454.
6. Миронова М.О., Кузин Р.Е. Геоинформационная система сопровождения фоновых экологических исследований. // «Безопасность окружающей среды», №3-2009, с. 70-72.