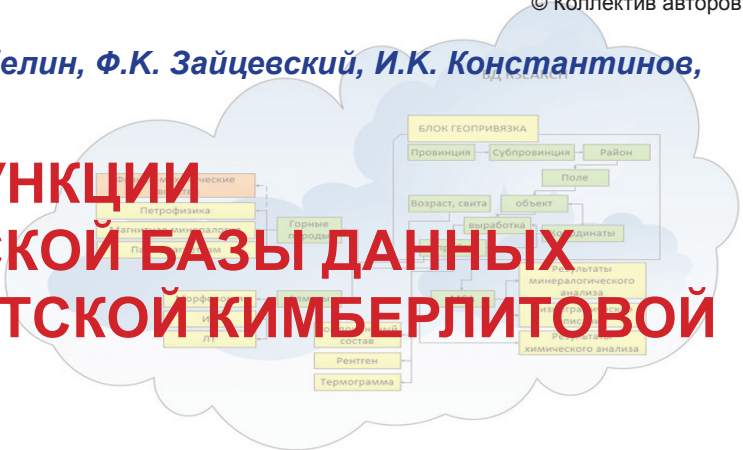


*К.М. Константинов, А.В. Забелин, Ф.К. Зайцевский, И.К. Константинов,  
А.А. Киргуев, М.С. Хороших*

## СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ ПЕТРОФИЗИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ «RSEARCH» ЯКУТСКОЙ КИМБЕРЛИТОВОЙ ПРОВИНЦИИ



### Введение

Решение многих вопросов поисков месторождений алмазов (интерпретация данных гравимагнитных съемок, возраста магматитов, идентификация ореолов рассеивания минералов-спутников, эпигенетические изменения вмещающих пород, закономерности размещения полей и т.п.) связано с петро- и палеомагнитными исследованиями горных пород и минералов Якутской кимберлитовой провинции (ЯКП). Комплекс включает следующие методы: петрофизический (плотность, магнитная восприимчивость, вектор естественной остаточной намагниченности ЕОН, электрическое сопротивление), магнито-минералогический (анизотропия магнитной восприимчивости АМВ, гистерезисные параметры, точки Кюри), палеомагнитный (компонентный состав векторов ЕОН) и физико-механический (удельный вес, влажность, пористость, прочность). В настоящее время по территории ЯКП (рис. 1) получен широкий спектр магнитных параметров по более чем 20 000 ориентированным образцам, представляющий разновозрастные терригенно-осадочные, вулканические и метаморфические образования [3, 5]. Очевидно, что оперативное использование этой геоинформации для решения указанных задач невозможно без составления петрофизической базы данных (БД).

### Структура блока «Петромагнитные методы исследования горных пород» и процедур ввода-импорта данных

С целью решения задач поисков коренных месторождений алмаза разработана структура Петромагнитного блока «Петромагнитные методы исследования горных пород», который интегрирован в БД «RSEARCH» института на уровне «проба» (рис. 2), одного из блоков геологической привязки (геопривязка). Для этого в БД «RSEARCH» было добавлено 16 таблиц (*z\_lin\_skv\_magnetic*, *pm\_probe* и т.д.), созданы механизмы контроля и защиты данных (рис. 3).

Основные таблицы: *z\_lin\_skv\_magnetic* хранит данные по магнитным характеристикам поля (МХП) в точке отбора проб: *Dt* – склонение, *Jt* – наклонение и *T* – модуль напряженности [6]; *total\_probe\_advance* хранит дополнительную информацию по пробам; *pm\_probe\_mechanic\_properties* хранит информацию по физико-механическим свойствам проб (табл. 1). Остальные таблицы блока, начиная с *pm\_probe*, хранят данные по петромагнитным методам исследования горных пород.

Клиент БД «RSEARCH» был дополнен новыми процедурами ввода и редактирования данных, произведена настройка клиента под блок «Петромагнитные методы исследования горных пород».

МХП могут быть одинаковы в соседних выработках (карьер, точка наблюдения и т.д.), ввод вручную в каждую выработку занимает достаточно много времени, поэтому была создана форма копирования магнитных характеристик поля, позволяющая быстро скопировать данные по МХП в выбранные выработки (рис. 4).

Представления (геолого-геофизическая схема изученных обнажений и их вид, микрофотографии шлифов и пр.) по объекту исследований можно получить по файлам JPG, PDF и др., которые загружаются в файловую систему БД «RSEARCH» через «Каталог файлов по выбранной записи/Загрузить файл в базу» (рис. 5). По штучу так же вводится вес в воздухе и в воде, по которым осуществляется расчет объемной плотности  $\sigma$  (кг/м<sup>3</sup>). По изученным обнажениям планируется загрузка данных геохимии, геохронологии и др.

Результаты по петромагнитным методам исследования горных пород хранятся в файлах MFK, RAN, LST, TXT-MFK(K) и т.д. Исходный RAN файл [7] состоит из множества образцов, поэтому сначала необходимо разбить файл на отдельные образцы, затем загрузить в БД «RSEARCH». Данный подход позволяет пользователю подготавливать произвольные (относительно любой выборки) RAN файлы для дальнейшей их обработки в сторонних программах.

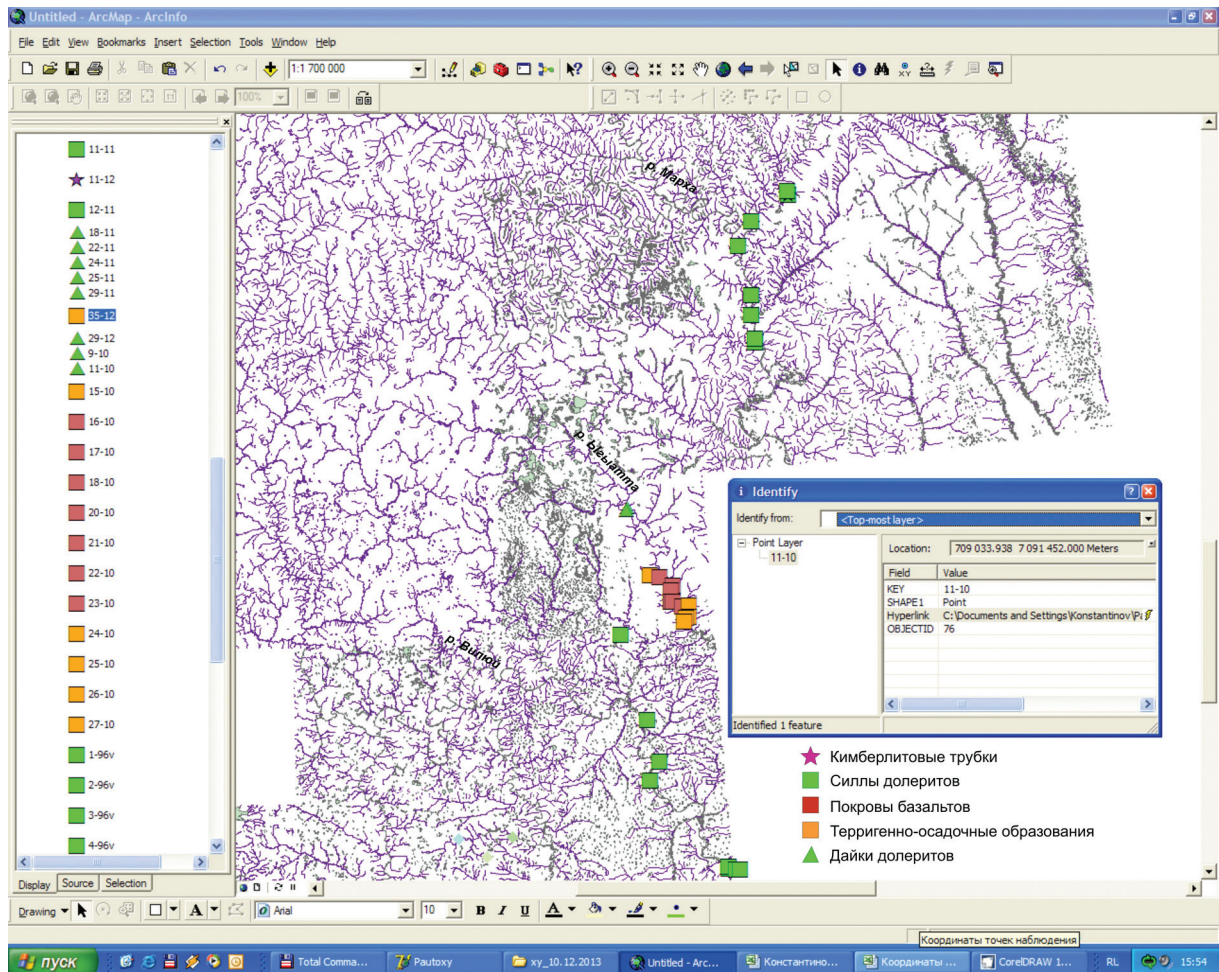


Рис. 1. Пример схемы петрофизической изученности юго-восточной области ЯКП

Fig. 1. Petrophysical exploration status of the YaKP South-Eastern region example scheme

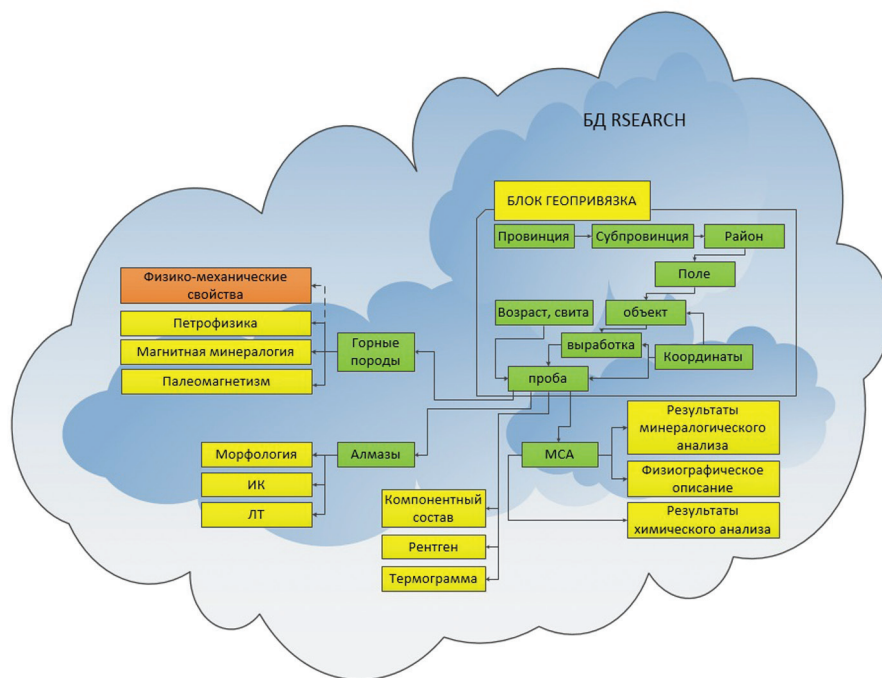
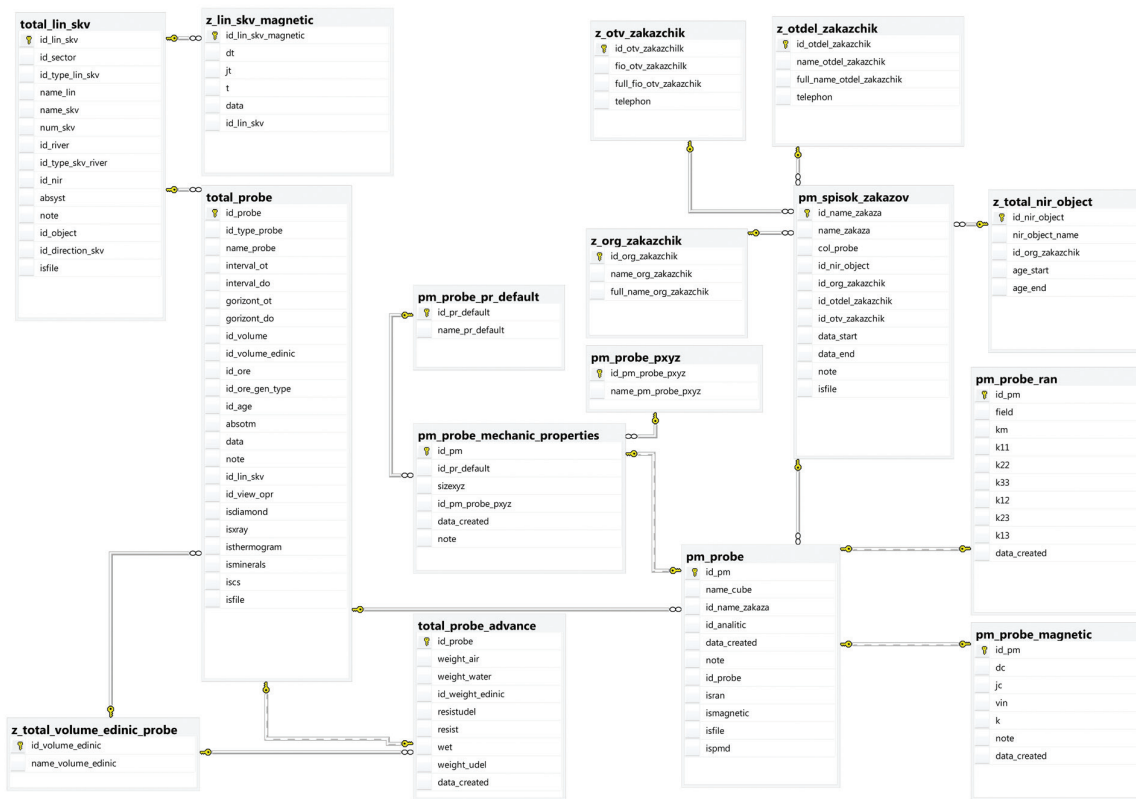


Рис. 2. Структура базы данных «RSEARCH» НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)

Fig. 2. Structure of the «RSEARCH» Geo-Scientific Research Enterprise ALROSA (PJSC) database



1-1

Рис. 3. Структура блока «Петромагнитные методы исследования горных пород»

Fig 3. Structure of the «Petromagnetic rock research methods» block

Таблица 1

Функции таблиц блока «Петромагнитные методы исследования горных пород»

Functions of the «Petromagnetic methods of rocks research» tables' block

z_lin_skv_magnetic	Данные по МХП в точке отбора проб
total_lin_skv	Данные по геопривязке точки отбора
total_probe	Данные по пробе, отобранной с точки отбора
total_probe_advance	Данные по весу пробы в воде и в воздухе
z_total_volume_edinic_probe	Кодовая таблица по единице измерения пробы
pm_probe	Данные по кубикам, полученным с пробы
pm_probe_magentic	Данные, полученные из LST, TXT-MDF файлов
pm_probe_ran	Данные, полученные из RAN файлов
pm_spisok_zakazchik	Содержит список заказов по методу Петрофизика
z_otv_zakazchik	Список заказчиков (ФИО)
z_otdel_zakazchik	Список отделов
z_org_zakazchik	Список организаций
pm_probe_mechanic_properties	Данные по физико-механическим свойствам
pm_probe_pxyz	Данные по хузу пробы
pm_probe_pr_default	Список стандартных размеров проб
z_total_nir_object	Список научно-исследовательских работ

Примечание. Файлы типа j\_m, dtma, sur, jr6, PMD (по методу Петрофизика) содержатся в файловой БД «RSEARCH».



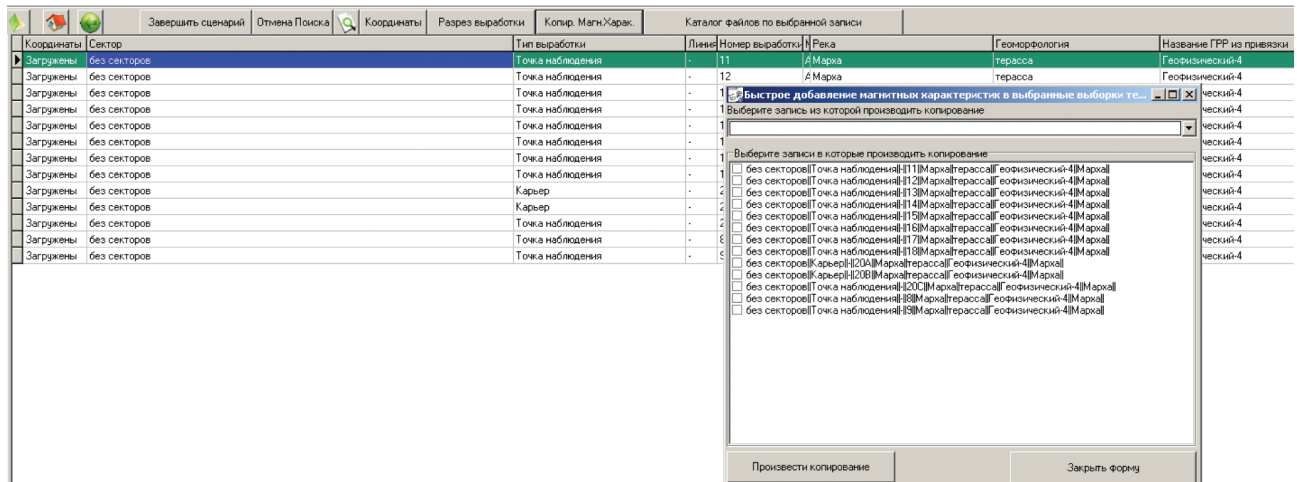


Рис. 4. Пример формы копирования данных МХП между выработками

Fig. 4. Example of copying RMC data form amongst excavations

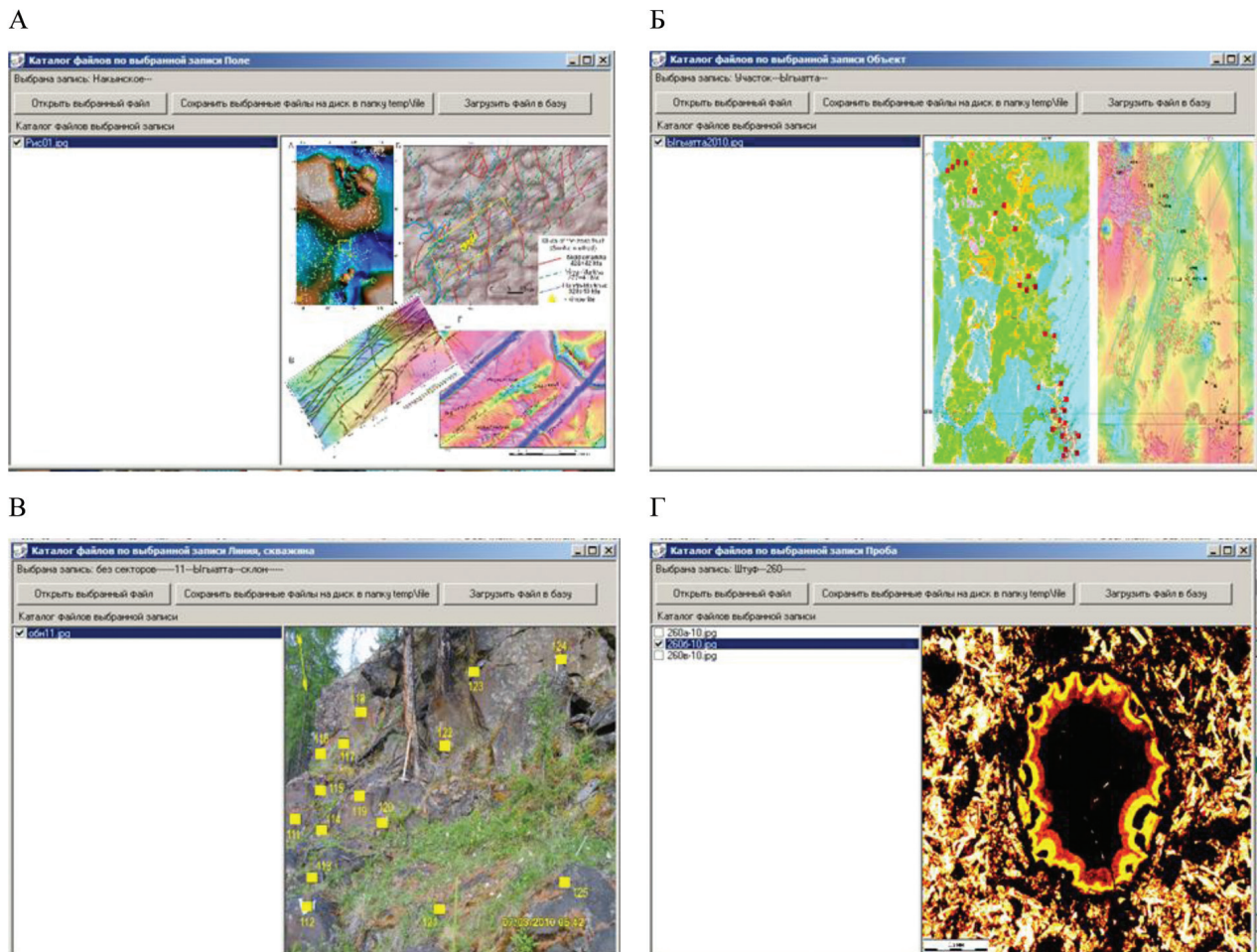


Рис. 5. Представление геолого-геофизической информации по объекту(ам) исследований (обнажение) в файловой БД «RSEARCH». А – положение Среднемархинского района на геолого-геофизических картах; Б – схема привязки изученных обнажений р. Ыгыатта к геологической и геофизической картам; В – схема отбора образцов; Г – микрофотография шлифа базальтов аппаинской свиты  $D_3ap$

Fig. 5. Representation of geological and geophysical (G&G) information about the object(s) of studying (exposure) in «RSEARCH» DB file system. А – location of the Middle-Markhinskiy zone on maps; Б – referencing scheme of the Ygyatta river's explored exposures on G&G maps; В – sampling scheme; Г – micrograph of the appainian suite ( $D_3ap$ ) basalt thin section



В клиент БД «RSEARCH» были добавлены форма по загрузке специфических файлов блока «Петромагнитные методы исследования горных пород» (рис. 6), а также процедуры обработки данных и формирования выборок для RAN файлов.

Данные из файлов формата MFK, RAN, LST, TXT-MFK(K) загружаются в БД «RSEARCH».

Остальные (палеомагнитные и магнито-минералогические данные) файлы (PMD, j\_m, dtma, cur и т.д.) загружаются в файловую систему БД «RSEARCH» через «Каталог файлов по выбранной записи/Загрузить файл в базу». Результаты экспериментов можно ввести в виде файлов: jpg, wmf и т.п. (рис. 7).

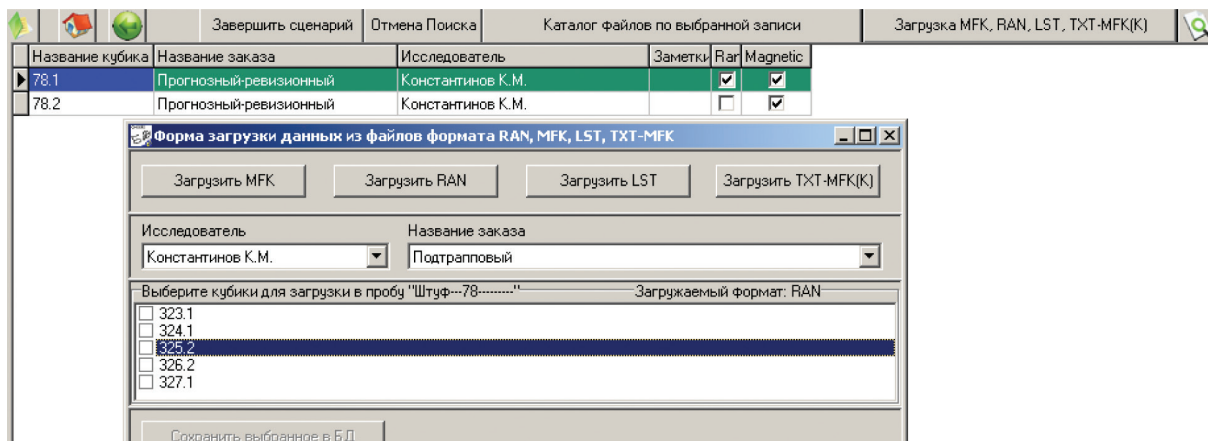


Рис. 6. Форма загрузки петрофизических данных из файлов MFK, RAN, LST, TXT-MFK(K) в БД «RSEARCH»

Fig. 6. Petrophysical data from MFK, RAN, LST, TXT-MFK(K) files to «RSEARCH» DB loading form

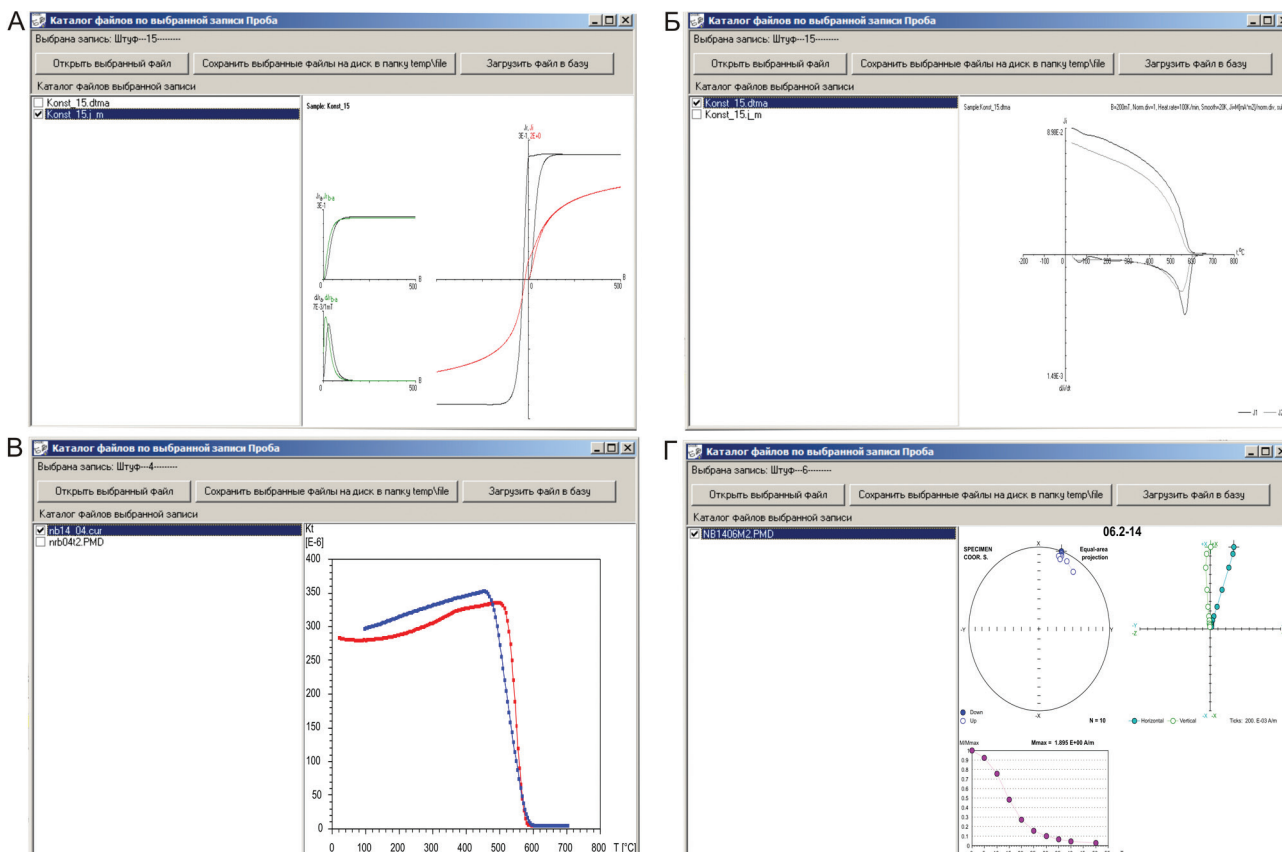


Рис. 7. Визуализация результатов лабораторных экспериментов в файловой БД «RSEARCH». А – петля гистерезиса; Б, В – термомагнитограммы, соответственно, индуцированной намагниченности и магнитной восприимчивости; Г – палеомагнитный анализ

Fig. 7. Visualization of the lab experiment's results in «RSEARCH» DB file system. A – hysteresis loop; B, B – thermo-magnetograms of induced magnetization and magnetic susceptibility; Г – paleomagnetic analysis

**Структура блока «Litoteka» базы данных «RSEARCH»**

Для поиска архивного каменного материала (штуфы, спилы, кубики) и осуществления оперативного контроля за его движением между научными подразделениями (организациями) нами разработан блок «Litoteka» (табл. 2, рис. 8). С этой целью в БД «RSEARCH» добавлено 9 таблиц, а клиент БД «RSEARCH» настроен для работы с данным блоком. Блок «Litoteka» позволяет снизить возможные риски, связанные с потерей проб. Пользователь легко сможет узнать последнее местонахождение пробы.

**Программа обработки петрофизических данных «PetroStat»**

Разработана пилотная версия программы «PetroStat». Программа позволяет пользователям обрабатывать первичную петрофизическую информацию, хранящуюся в файлах LST, MFK-TXT, и др. данные из БД «RSEARCH». Возможности программы:

- загружать данные как из отдельных файлов LST, MFK-TXT, так и из БД «RSEARCH» и формировать в интерактивном режиме произвольные необходимые выборки;
- строить распределение объемной плотности (рис. 9) и магнитных параметров (рис. 10) [1]. Объемная плотность в нормальном законе. Отображение магнитных параметров в логарифмическом масштабе, отображение номограмм, расчет и отображение статистических параметров MoIn, LgMoIn, MoIi, LgMoIi, MoKappa, LgMoKappa, MoQ, LgMoQ, MoISum, LgMoISum, расчет и отображение ошибок средних статистических параметров;
- строить стереограммы векторов остаточной **In** и суммарной **I** намагниченностей [2] в ортого-

- нальной, равносторонней, равноплощадной и равноугольной проекциях (рис. 11);
- рассчитывать статистику суммарной и остаточной намагниченностей на сфере [4];
- строить 3D-модель вектора суммарной **I** (рис. 12) [2]. В перспективе этот расчет можно использовать для интерпретации данных векторной магнитной съемки.
- получать информацию о количестве файлов БД «RSEARCH» (рис. 13).

**Заключение**

Разработанная геоинформационная система хранения и обработки петрофизических данных БД «RSEARCH», «Litoteka» и «PetroStat» позволяет решать геолого-геофизические задачи поисков коренных месторождений алмазов в Якутской кимберлитовой провинции на современном уровне исследований. В перспективе ее можно расширить для поисков других видов месторождений полезных ископаемых Восточной Сибири и прилегающих к ней территорий.

**Ключевые слова:** Якутская кимберлитовая провинция, геоинформация, петрофизика, палеомагнетизм, база данных, статистический анализ.

**ЛИТЕРАТУРА**

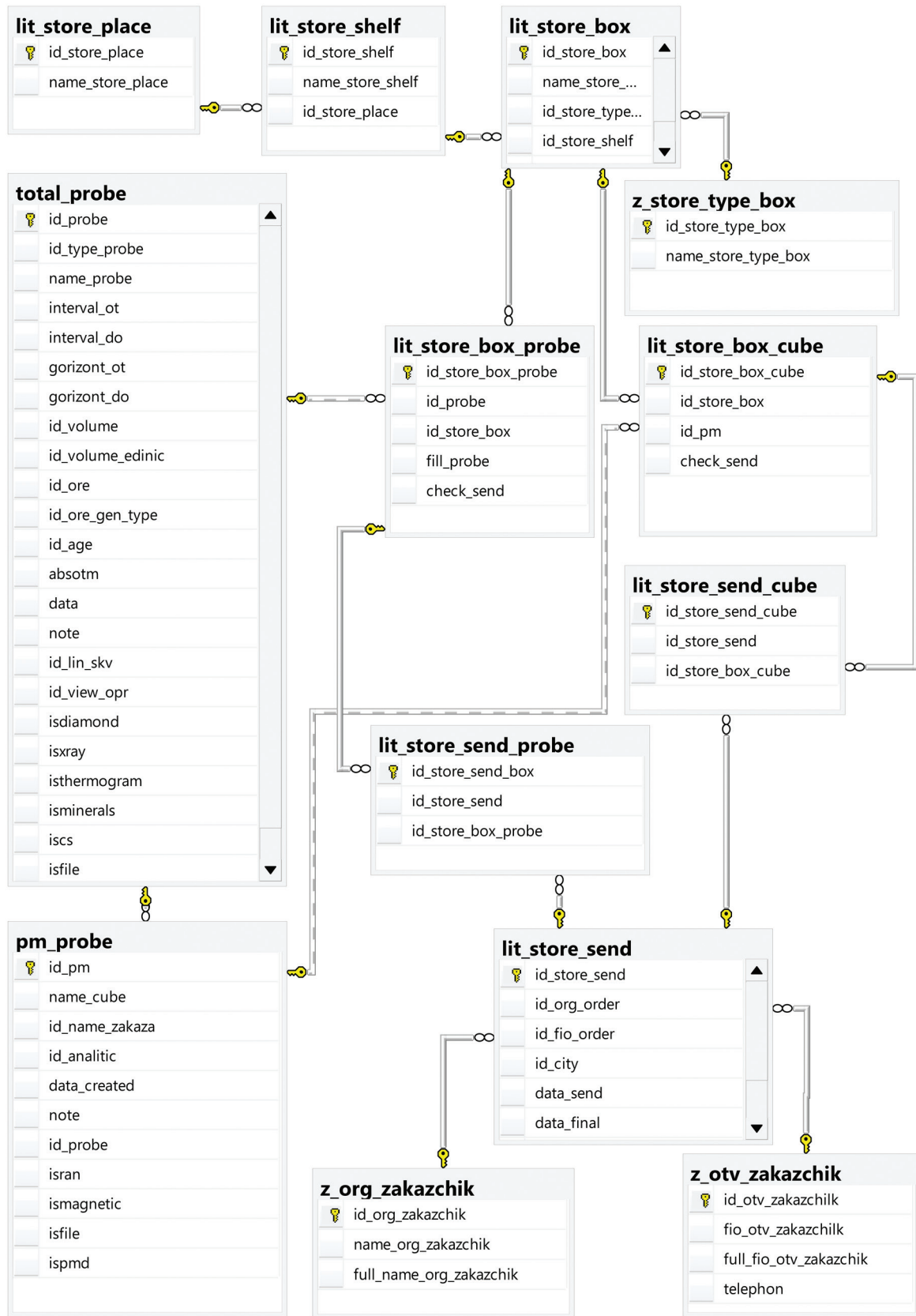
1. Боровиков В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. – СПб. : Питер, 2001. – 658 с. – (Для профессионалов).
2. Винарский Я.С., Житков А.Н., Кравчинский А.Я. Автоматизированная система обработки палеомагнитных данных ОПАЛ // Алгоритмы и программы / ВНИИ экон. минер. сырья и геологоразвед. работ. – М. : ВИЭМС, 1987. – Вып. 10 (99). – 86 с.
3. Константинов К.М. Магнетизм кимберлитов и траппов зоны сочленения Вилюйской и Тунгусской синеклиз Сибирской платформы : автореф.

Таблица 2

**Функции таблиц блока «Litoteka»**

*«Litoteka» block table functions*

lit_store_place	Список мест хранения проб
lit_store_place	Данные по стеллажам
lit_store_box	Данные по ящикам, коробкам
z_store_type_box	Список возможных видов ящиков, коробок
lit_store_box_probe	Данные по пробам, хранящимся в ящиках, коробках
lit_store_box_cube	Данные по кубикам, хранящимся в ящиках, коробках
lit_store_send_cube	Данные по отправленным кубикам
lit_store_send_probe	Данные по отправленным пробам
lit_store_send	Данные по посылке, адресату



1-1

Рис. 8. Структура блока «Litoteka»

Fig. 8. «Litoteka» block structure



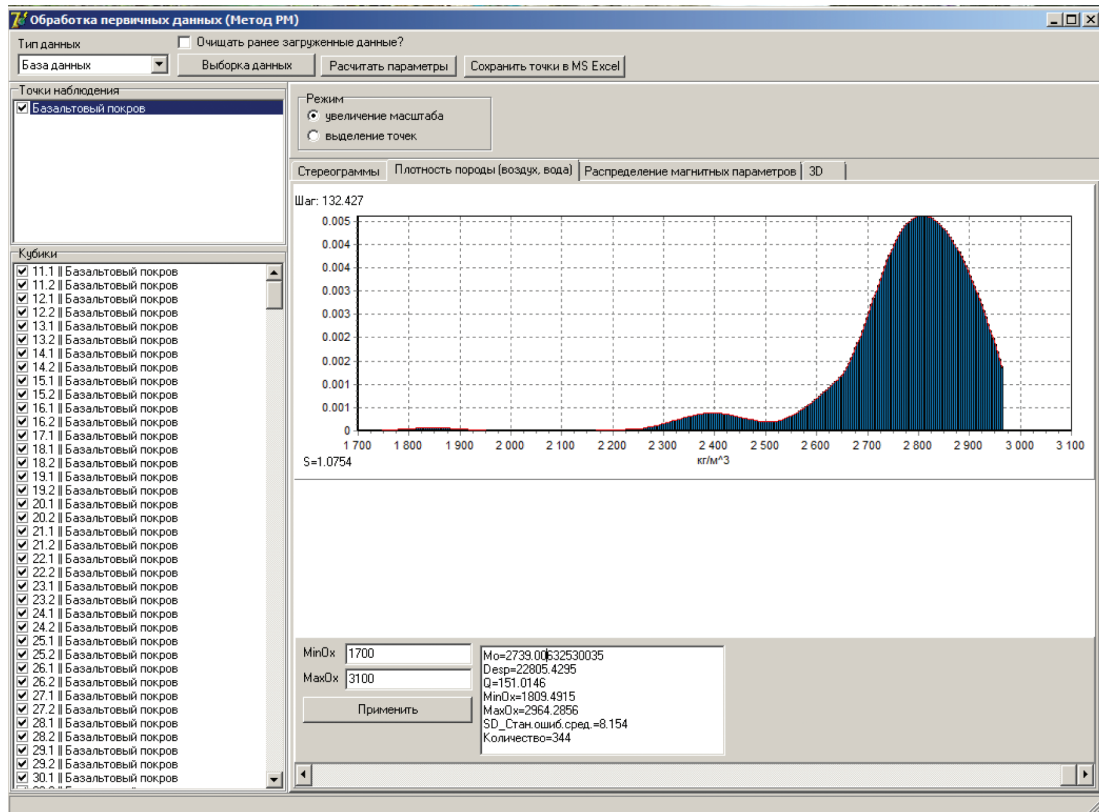


Рис. 9. Распределение объемной плотности базальтов аппаинской свиты  $D_{3ap}$

Fig. 9. Distribution of the appainian suite ( $D_{3ap}$ ) basalt's volume density

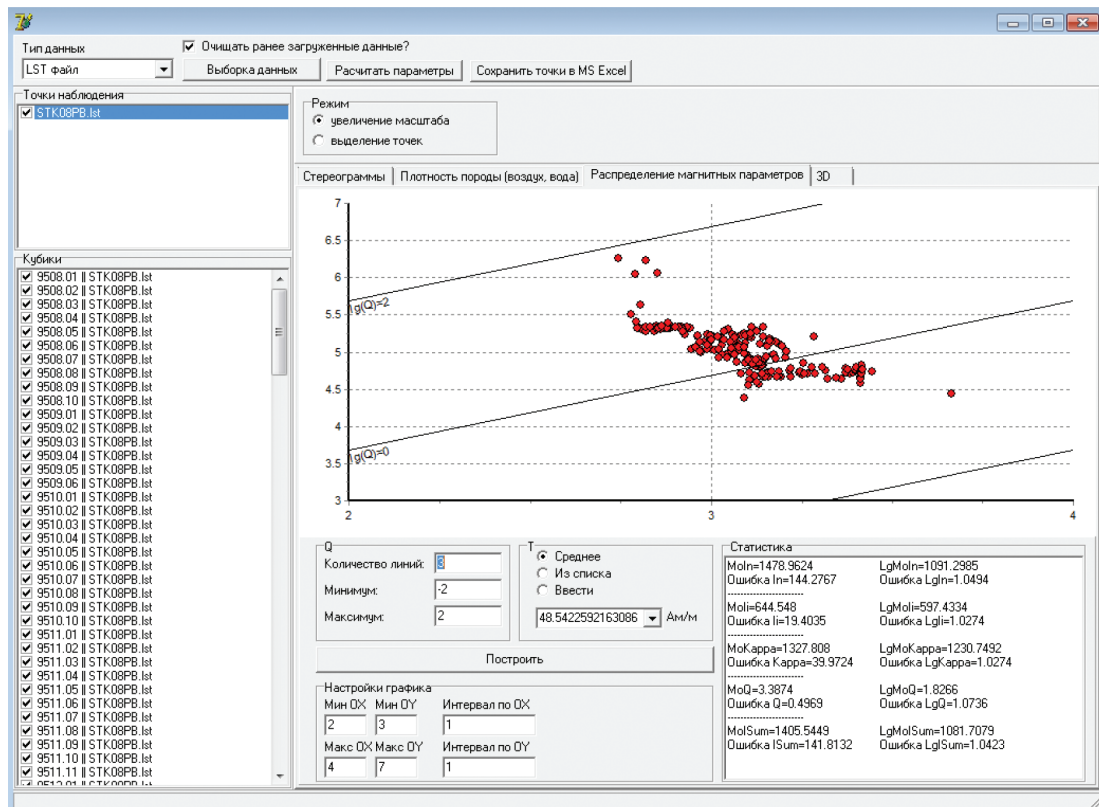


Рис. 10. Распределение значений магнитных параметров ( $I_n$ ,  $\alpha$ , фактор Q) и статистика по выборке в нормальном и логнормальных законах распределения, загружен файл STK08PB.LST

Fig. 10. Distribution of magnetic characteristics values ( $I_n$ ,  $\alpha$ , Q factor) and statistics for the sampling in normal and lognormal distribution laws, STK08PB.LST file has been load

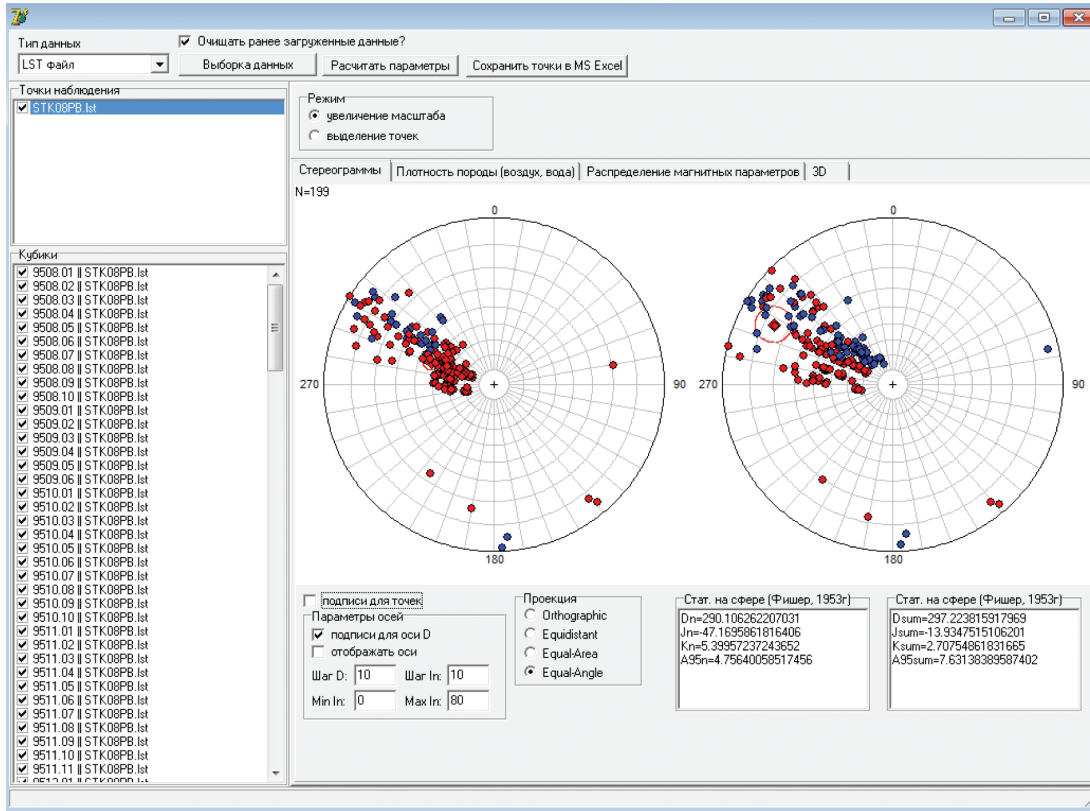


Рис. 11. Интерфейс программы «PetroStat», загружен файл STK08PB.LST

Fig. 11. «PetroStat» program interface, STK08PB.LST file has been load

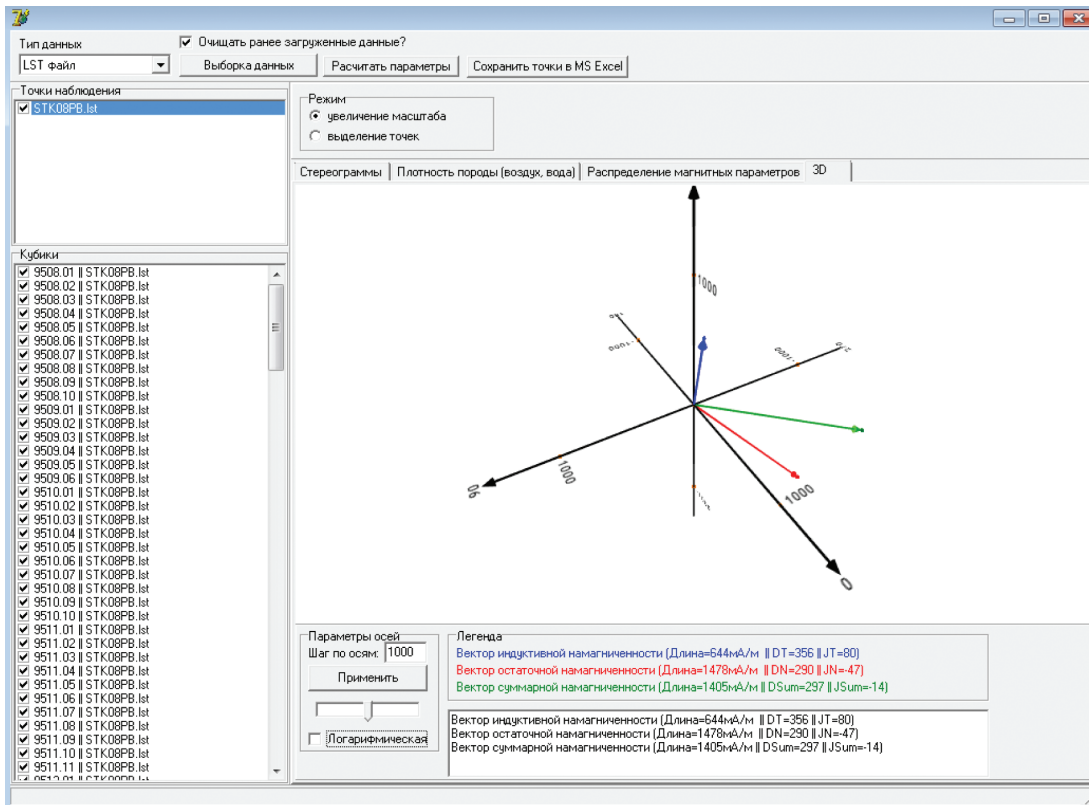


Рис. 12. 3D-модель векторов естественной остаточной  $I_n$ , индуктивной  $I_i$  и суммарной  $I = I_n + I_i$  намагниченностей

Fig. 12. 3D-model of remanent  $I_n$ , inductive  $I_i$  and total  $I = I_n + I_i$  magnetization vectors

Название	Количество записей
Thermogram	633
ИК спектроскопия поглощения алмазов	88997
ИМК_Морфология	107390
ИМК_РСМА	7076
ИМК_Химический состав	123835
Компонентный состав_Автолит	5268
Компонентный состав_Гранаты	3199
Компонентный состав_Ильменит	8467
Компонентный состав_Ксенолит метаморфических пород	1116
Компонентный состав_Ксенолит ультраосновных пород	527
Компонентный состав_Обломок осадочных пород	25559
Компонентный состав_ПсевдоМорфозы	99117
Компонентный состав_Хромшпинелид	87
Лазерная томография алмазов	19373
Минералогическое изучение алмазов	283244
Петрофизические исследования_Магнитная минералогия(DTMA)	111
Петрофизические исследования_Магнитная минералогия(J_M)	112
Петрофизические исследования_Магнитная минералогия(RAN)	1732
Петрофизические исследования_Магнитные свойства	4746
Петрофизические исследования_Палеомагнетизм(PMD)	209
Петрофизические исследования_Плотность	1546
Рентгеновский анализ минералов, пород и алмазов	5517

Рис. 13. Сводная таблица по количеству файлов в БД «RSEARCH»

Fig. 13. Summary table for the number of files in «RSEARCH» DB

дисс. д-ра геол.-минерал. наук. – Иркутск : ИГУ, 2014. – 34 с.

4. Fisher R.A. Dispersion on a Sphere // Proceedings of the Royal Society of London. – Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – 1953. – 217 (1130). – P. 295-305. – URL: <http://dx.doi.org/10.1098/rspa.1953.0064> (date of access: 12.04.2018).

5. Kravchinsky V.A., Konstantinov K.M., Courtillot V., Savrasov J.I., Valet J-P., Cherniy S.D., Mishenin S.G., Parasotka B.S. Paleomagnetism of East Siberian traps and kimberlites: two new poles and paleogeographic reconstructions at about 360 and 250 Ma // Geophys. J. Int. – 2002. – No. 48. – P. 1-33.

6. Macmillan S., Maus S., Bondar T., Chambodut A., Golovkov V., Holme R., Langlais B., Lesur V., Lowes F., Lühr H., Mai W., Manda M., Olsen N., Rother M., Sabaka T., Thomson A., Wardinski I. The 9th Generation International Geomagnetic Reference Field // Geophysical Journal International. – 2003. – V. 155, Issue 3. – P. 1051-1056. – URL: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-246X.2003.02102.x> (date of access: 12.04.2018).

7. Tarling D.H., Hrouda F. The Magnetic Anisotropy of Rocks. – London : Chapman & Hall, 1993. – 217 p.

REFERENCES

1. Borovikov V.P. STATISTICA. The Art of Data Analysis by Computer. St. Petersburg : Piter, 2001. 658 p. (For Professionals).

2. Vinarsky Ya.S., Zhitkov A.N., Kravchinsky A. Ya. Automated Paleomagnetic Data Processing System OPAL// Algorithms and Software. Moscow : VIEMS, 1987. Issue 10 (99). 86 p.

3. Konstantinov K.M., 2014. Magnetism of Kimberlites and Trappes in the Junction Zone of the Vilyui and Tunguska Synclines in the Siberian Platform. PhD Thesis (Geology and Mineralogy). Irkutsk : Irkutsk State University. 34 p.

4. Fisher R.A. Dispersion on a Sphere // Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 1953. 217 (1130). P. 295-305. URL: <http://dx.doi.org/10.1098/rspa.1953.0064> (date of access: 12.04.2018).

5. Kravchinsky V.A., Konstantinov K.M., Courtillot V., Savrasov J.I., Valet J-P., Cherniy S.D., Mishenin S.G., Parasotka B.S. Paleomagnetism of East Siberian traps and kimberlites: two new poles and paleogeographic reconstructions at about 360 and 250 Ma // Geophys. J. Int. 2002. No. 48. P. 1-33.

6. Macmillan S., Maus S., Bondar T., Chambodut A., Golovkov V., Holme R., Langlais B., Lesur V., Lowes F., Lühr H., Mai W., Manda M., Olsen N., Rother M., Sabaka T., Thomson A., Wardinski I. The 9th Generation International Geomagnetic Reference Field // Geophysical Journal International. 2003. V. 155, Issue 3. P. 1051-1056. URL: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-246X.2003.02102.x> (date of access: 12.04.2018).

7. Tarling D.H., Hrouda F. The Magnetic Anisotropy of Rocks. London : Chapman & Hall, 1993. 217 p.