



**ЭКСПЕРТНО -
ТЕХНИЧЕСКИЙ
СОВЕТ ГКЗ**



ПРОТОКОЛ № 14

Заседания секции твердых полезных ископаемых и секции программного обеспечения и аппаратных средств Экспертно-технического совета Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых

г. Москва

26 августа 2024 г.

Дата проведения заседания: 26 августа 2024 г.

Присутствовали согласно списку:

- **Члены ЭТС ГКЗ:** Болотник Д.Н. (Председатель заседания), Шпуров И.В., (Председатель ЭТС ГКЗ), Чухланцева Е.Р., (Ученый секретарь ЭТС ГКЗ), Афанасьев С.В., Бабина Т.О., Будрик В.Г., Волков В.П., Воробьев В.С., Воропаев В.И., Дубровина А.С., Дюжев С.В., Закревский К.Е., Иванов С.Н., Кушнарев П.И., Лазарев А.Б., Лазарев А.Н., Линде Т.П., Матвеева Е.В., Персиянов Е.В., Телицын С.В., Фоменко А.Е., Шпильман А.В.
- **ФБУ «ГКЗ»:** Буданов А.Б., Коломеец А.А., Ломака И.Н., Осипов В.Д., Смирнов А.Ю.,
- **Приглашенные эксперты:** Кондратьев Е.И., Макарчева А.А.
- **Представители организаций (авторы материалов - разработчики программного продукта):**
- **ООО «РфД»:** Дегтярев А.Ю., Крамаренко А.О., Рогачев И.А.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

Рассмотрение результатов апробации программы для ЭВМ tНавигатор (далее – «Программа») и обоснованность возможности использования Программы в качестве рекомендуемой при поведении геологического моделирования месторождений твердых полезных ископаемых (ТПИ) для целей подсчета запасов.

1. Слушали:

1.1. Сообщение авторов – разработчиков Программы: Дегтярева А.Ю. – ведущего эксперта по геологическому моделированию ООО «РфД» (приложение №1 к настоящему Протоколу).

На рассмотрение ЭТС ГКЗ представлены следующие модули Программы tНавигатор версии 24.2: «Дизайнер Геологии», «Графический Интерфейс», «Адаптация и Оптимизация». Программа предназначена для решения широкого спектра задач геологического и интегрированного моделирования, включая моделирование месторождений твердых полезных ископаемых. Также были предоставлены документация и обучающие материалы к Программе.

1.2. Сообщение авторов экспертных заключений: Дюжева В.С., Кушнарева П.И., Макарьевой А.А., Бабиной Т.О., Кондратьева Е.И., Иванова С.Н.

1.3. Участников обсуждения: Болотника Д.Н., Матвееву Е.В., Дегтярева А.Ю., Воропаева В.И., Шпурова И.В., Рогачева И.А., Закревского К.Е., Дюжева С.В., Ломаку И.Н., Бабину Т.О., Макарьеву А.А., Иванова С.Н., Персиянова Е.В., Чухланцеву Е.Р.

2. Члены ЭТС ГКЗ отметили:

2.1. Необходимость дальнейшего усовершенствования матрицы тестирования для устранения замечаний, выявленных экспертами в ходе проведения апробации с использованием текущей версии матрицы.

2.2. Эксперты отметили:

2.2.1 На данный момент Программа принципиально позволяет решать задачи моделирования и подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых.

2.2.2. Наличие ряда полезных особенностей Программы: автоматизации и документации процесса моделирования с помощью графа моделирования (Workflow), многовариантного моделирования и анализа неопределенности, наличия средств проверки статистической стационарности, возможности моделирования в условиях нестационарности и автоматического выделения рудных тел (метод Amazonas), моделирования на основе 3D-сеток, функциональности для разведочного анализа данных и выявления имеющихся в них закономерностей, инструментов петрофизического и геомеханического моделирования, средств для коллективной работы над проектом.

2.2.3 Необходимость доработки ряда функциональных элементов Программы, указанных в экспертных заключениях.

2.2.4 Члены ЭТС ГКЗ и Эксперты отметили, что для масштабного внедрения Программы необходимо провести практическое тестирование Программы путем сопоставления подсчета запасов, выполненных в Программе с подсчетом запасов, прошедшим апробацию в ГКЗ (сопоставление провести как для подсчета запасов, выполненного методом блочного моделирования, так и по традиционной методике) по одному или нескольким месторождениям. В рамках проведенного сопоставления подтвердить наличие у Программы функционала, позволяющего воспроизвести использованные в апробированном подсчете параметры блочного моделирования с последующим представлением результатов сопоставления на ЭТС ГКЗ.

3. По результатам обсуждения на голосование членов ЭТС ГКЗ поставлены решения:

3.1 Отметить важность и актуальность создания отечественных программных продуктов моделирования месторождений твердых полезных ископаемых.

3.2 Рекомендовать ООО «РфД» учесть замечания и предложения экспертов, сформулированные в ходе выполнения апробации и отраженные в экспертных заключениях.

3.3 Рекомендовать ООО «РфД» выделить в отдельный программный модуль функционал в части запасов твердых полезных ископаемых, без нефтегазовой составляющей.

3.4 Рекомендовать ООО «РфД» в программном модуле использовать терминологию, применяемую в горнорудной отрасли.

3.5 Рекомендовать ООО «РфД» отдельно представить на ЭТС ГКЗ методику выделения рудных интервалов реализованной в Программе в сопоставлении с процедурой выделения рудных интервалов по методике ГКЗ, а также реализованных способов проверки статистической стационарности и геологического моделирования в условиях нестационарности реализованных в рассматриваемом программном продукте.

3.6 Рекомендовать ООО «РфД» провести практическое тестирование Программы путем сопоставления подсчета запасов, выполненных в Программе, с подсчетом запасов прошедшим защиту в ГКЗ (сопоставление провести как для подсчета запасов, выполненного методом блочного моделирования, так и по традиционной методике), по одному или нескольким месторождениям, с последующим представлением результатов такого сопоставления на ЭТС ГКЗ.

4. Результаты голосования членов ЭТС ГКЗ по поставленным решениям:

«За» -18 голосов

«Против» - 3 голоса

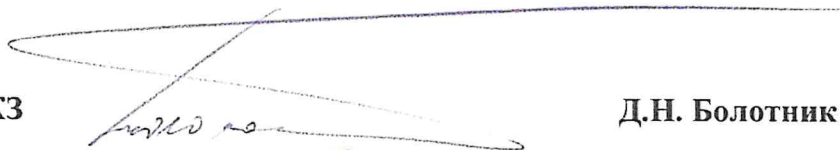
«Не воспользовались правом голоса» - 4 голосующих

Решение принято большинством голосов

Приложения к протоколу:

- 1) Презентация авторов-разработчиков Программы: «Геологическое моделирование месторождений твердых полезных ископаемых в ПО тНавигатор» (1 экз. на 56л.).
- 2) Экспертные заключения (5 экз. закл. на 23 л.).
- 3) Результаты апробации Программы тНавигатор при проведении геологического моделирования ТПИ.

**Руководитель
секции ПО и АС ЭТС ГКЗ**



Д.Н. Болотник

Ученый секретарь ЭТС ГКЗ



Е.Р. Чухланцева

Результаты апробации программного комплекса «Навигатор при проведении геологического моделирования месторождений ТПИ

№ п.п.	Технические возможности	Расшифровка (описание)	Тип критерия	Ответ РфД (Да, полностью соответствует / Нет)	Оценка ЭТС ГКЗ
Системные требования	Операционная система	Возможность запуска на компьютерах под управлением ОС Windows	Рекомендуемый	Да	Да
		Возможность запуска на компьютерах под управлением ОС Linux	Рекомендуемый	Да	Не проверялось
		Наличие сетевой лицензии (не физического ключа) ПО	Рекомендуемый	Да	Да
	Воспроизведение последовательности выполненных операций моделирования (Workflow)	Функциональность для записи и воспроизведения последовательности выполненных операций моделирования (Workflow) для документирования процесса моделирования, автоматического обновления модели, пакетного выполнения однотипных процедур моделирования	Обязательный	Да	Да
	Расширение функционала ПО	Наличие возможностей расширения базового функционала при помощи пользовательских скриптов и функций на общеупотребимом языке программирования	Рекомендуемый	Да	Да
	Командная работа	Наличие функциональности для командной работы нескольких специалистов по моделированию	Рекомендуемый	Да	Не проверялось
		Наличие функциональности для автоматического резервного копирования проекта	Рекомендуемый	Да	Да
		Русскоязычный интерфейс пользователя	Рекомендуемый	Да	Да
	Поддержка русского языка	Русскоязычные справочные и учебные материалы (контекстная справка, руководство пользователя, встроенные справочники)	Рекомендуемый	Да	Да
Работа с массивом данных	Импорт данных	Импорт и систематизированное хранение данных координат устьев скважин (начала горных выработок), результатов опробования, инклинометрии, кривые ГИС, результаты интерпретации ГИС, поинтервальное литологическое описание в общеупотребительном табличном формате (в соответствии с приказом Роснедр, в котором все форматы указаны)	Обязательный	Да	Да
		Импорт геопривязанных растровых изображений (сканов карт, космоснимков, сканов геологических профилей, сейсмических данных) в формате .bmp, .tiff, .jpg и др	Обязательный	Да	Да
		Импорт точек с числовыми атрибутами, 3D-полилиний с числовыми и строковыми атрибутами, поверхностей и карт, заданных на регулярной решётке (гридов), триангулированных поверхностей и каркасов, растровых изображений, блочных моделей в общепринятых форматах (таких как, например: текстовый, бинарный Datamine, Suprac, Microtmine).	Обязательный	Да	Да
		Автоматическая идентификация кривых ГИС, РИГИС по анализу заголовков файлов	Рекомендуемый	Да	Не проверялось
		Возможность перепроецирования данных при импорте, если система координат данных не совпадает с системой координат проекта. Возможность задавать пользовательские системы координат с помощью систем записи proj4 и WKТ	Рекомендуемый	Да	Не проверялось
	База данных	Наличие базы данных проекта	Обязательный	Да	Да
		Поддержка реляционной базы данных	Рекомендуемый	Да	Да
		Проверка данных на наличие ошибок ввода данных (пересекающихся, отсутствующих интервалов, нулевых значений и т.п.). Выдача списка ошибок	Обязательный	Да	Да
		Возможность редактирования базы данных непосредственно в ПО, добавление и изменение объектов и параметров или полей	Обязательный	Да	Да

19	Кодирование данных	Редактирование данных в табличном виде, арифметические и логические операции (калькулятор), фильтр данных	Обязательный	Да	Да
20		Наличие возможностей задания поисковых запросов	Обязательный	Да	Да
21		Присвоение пролам в исходной базе данных кода принадлежности к рудным интервалам, карасам, блочным моделям	Обязательный	Да	Да
22		Различные алгоритмы композитирования интервальных скважинных данных (приведения данных к равному интервалу замера), выделения рудных интервалов	Обязательный	Да	Да
23	Экспорт данных	Возможность экспорта (выгрузки) скважинных и пространственных данных в документированных форматах, доступных для чтения с использованием стороннего ПО (текстовый и shape - для линий и полигонов, dxf - для триангулированных поверхностей и геотел, Surfer grid - для поверхностей, заданных на регулярной решётке (гридов). las - для скважинных исследований). Для результатов блочного моделирования необходима возможность экспорта в текстовом формате и бинарном формате Datamine	Обязательный	Да	Да
24	Визуализация данных	Возможность визуализации данных в 3D режиме, 2D режиме, в режиме работы с картами, в режиме схемы корреляции (планшета), в режиме сейсмической интерпретации, в режиме произвольного сечения, а также в режиме просмотра гистограмм и графиков	Обязательный	Да	Да
25		Возможность визуализации длин, площадей и объёмов линий, каркасов, блоков	Обязательный	Да	Да
26		Возможность построения сечений по заданному набору скважин с привязкой к их траекториям, по заданным блокам блочной модели, а также произвольных сечений. При изменении геометрии заданной поверхности сечения, визуализация итогового сечения должна интерактивно обновляться	Обязательный	Да	Да
27		Возможность построения схем корреляции по заданному набору скважин с их выбором по списку, либо интерактивным выбором в окне просмотра. При изменении заданного набора скважин визуализация построенной на её основе схемы корреляции должна интерактивно обновляться. Корректное отображение на схеме корреляции всех пространственных данных, пересекаемых скважинами	Обязательный	Да	Да
28	Интерактивная фильтрация данных блочной модели	При фильтрации данных блочной модели по заданным пользователем условиям (фильтрам дискретным и непрерывным свойствам) необходима возможность согласованной интерактивной визуализации в 3D, 2D, на сечениях, гистограммах, кроссплотах	Обязательный	Да	Да
29	Интерактивная фильтрация данных на кроссплоте	Необходима интерактивная связь между кроссплотом и схемой корреляции, чтобы области, выявленные на кроссплоте, применялись как визуальный фильтр в других окнах	Рекомендуемый	Да	Не проверялось
30	Кластеризация и снижение размерности многомерных данных	Для анализа многомерных данных (например, опробования по ряду элементов) необходима возможность кластеризации несколькими методами и снижения размерности методом главных компонент	Рекомендуемый	Да	Не проверялось
31	Статистическая графика и статистический анализ	Корректное построение гистограмм, кроссплотов, расчёт статистических показателей (среднее, минимум, максимум, дисперсия или среднеквадратическое отклонение, медиана, интерквартильный размах, коэффициент корреляции, коэффициент вариации, общее число значений, минимум, максимум). Необходимо возможность хранения в проекте нескольких гистограмм, кроссплотов, таблиц со статистическими показателями	Обязательный	Да	Да
32	Проверка стационарности	Инструменты ручной и автоматической проверки статистической стационарности, позволяющие понять, применимо ли в данном случае геостатистическое моделирование или нет (в соответствии с методическими рекомендациями ГКЗ)	Рекомендуемый	Да	Да
33	Преобразование данных	Выполнение теста на нормальность распределения данных, снятия тренда, автоматического преобразования к нормальному распределению и обратно при геостатистической интерполяции	Обязательный	Да	Да

Возможности ПО по визуализации и анализу данных

x

34	Геостатистический анализ данных:					Построение моделей тренда	Построение модели тренда различными методами по каждому из пространственных доменов, вычитание модели тренда и переход к работе с остатками от вычитания по каждому из пространственных доменов	Обязательный	Да	Да
35						Декларативная данных	Учёт неоднородности пространственного распределения (кластеризации) данных за счёт выполнения процедуры декларативности	Обязательный	Да	Да
36						Анализ анизотропии вариограммы	Функциональность для интерактивной оценки анизотропии вариограммы (карта вариограммы). Ручной и автоматизированный подбор направления осей вариограммы	Обязательный	Да	Да
37						Настройка области сбора данных для вариограммного анализа	Функциональность для интерактивного подбора области сбора данных для вариограммного анализа	Обязательный	Да	Да
38						Вариограммный анализ	Построение экспериментальных вариограмм дискретных и непрерывных параметров и их аппроксимация одной из функций модельной вариограммы (экспоненциальная, сферическая, кубическая, гауссова и т.п.). Ручной и автоматизированный подбор оптимальных параметров модельной вариограммы: ранга по всем трём осям эллипсоида вариограммы, плато, эффекта самородка. Визуализация количества пар значений на вариограмме	Обязательный	Да	Да
39						Сводная статистика	Интерактивное отображение сводной статистики по любому объекту, представляющего собой совокупность объектов с различными числовыми значениями (наборы точек, полигоны, блочные модели, карты на регулярной решётке и т.п.), а также расчёт заданных пользователем статистических параметров, как отдельных объектов проекта	Обязательный	Да	Да
40	Картопостроение и структурное моделирование					Построение карт и поверхностей на регулярной решётке	Расчёт карт в виде поверхностей, заданных на регулярной решётке (гридов) на основе разнородных данных: скважинных атрибутов, точек, линий, уже имеющихся поверхностей, линий разрыва с использованием различных методов интерполяции (минимальная кривизна, кригинг, IDW, триангуляция, сплайн-интерполяция, полиномиальная аппроксимация)	Обязательный	Да	Да
41						Условное моделирование	Построение поверхностей на основе зафиксированных точек подсечения и элементов залегания	Рекомендуемый	Да	Да
42						Построение разломов	Построение поверхностей разломов по разнородным данным (скважинные подсечения, точки, линии). Возможности ручного и автоматического редактирования поверхностей разломов, усечение и продление.	Рекомендуемый	Да	Да
43						Автоматизированное структурное моделирование многопластовых объектов	Автоматизированное построение согласованной модели геологических границ пластов по заданным правилам построения на основе по имеющимся разнородным данным, характеризующих геологические границы и разрывные нарушения	Рекомендуемый	Да	Да
44						Включение разломов в структурную модель	ПО должно обеспечивать возможность корректного включения разломов в структурную модель	Рекомендуемый	Да	Да
45	Каркасное моделирование					Построение геотел по контурам	Оконтуривание границ тел на сечениях с дальнейшим автоматизированным построением оболочек этих тел на основе полученных контуров	Обязательный	Да	Да
46						Работа с каркасами	Корректировка каркасов (усечение, пересечение каркасов, пересечение поверхностей с каркасом, вырезание одного каркаса из другого и т.п.)	Обязательный	Да	Да
47						Редактирование триангулированных поверхностей и геотел	Инструменты редактирования триангулированных поверхностей и геотел: упрощение геометрии, сглаживание, логические операции, построение буферных зон, интерактивное редактирование	Обязательный	Да	Да
48						Построение блочных моделей	Возможность задавать параметры исходной (пустой) блочной модели, построение блочных моделей с использованием различных методов интерполяции (обратных расстояний, кригинга и т.п.), возможность визуализации результатов расчета	Обязательный	Да	Да
49						Субблокирование	Разделение материнских блоков на более мелкие блоки (субблокирование, LGR)	Обязательный	Да	Да

50	Блочные модели сверхвысокой детальности	Возможность построения блочных моделей сверхвысокой детальности (более 100 млн блоков)	Рекомендуемый	Да	Да
51	Неортогональные блочные модели	Построение построения неортогональных 3D-сеток, воспроизводящих форму геологических границ и разрывных нарушений	Рекомендуемый	Да	Да
52	Включение разломов в модель	ПО должно обеспечивать возможность корректного моделирования смещения по разломам при дальнейшей интерполяции параметров (интерполяция в ненарушенном пространстве)	Рекомендуемый	Да	Не проверялось
53	Стохастическая интерполяция	Функциональность для построения набора равновероятных реализаций пространственного распространения свойств	Рекомендуемый	Да	Да
54	Интерполяция в условиях статистической нестационарности	Интерполяция исходных данных в условиях, когда проверка статистической стационарности показала, что пространственное распределение данных нестационарна и геостатистический подход неприменим	Рекомендуемый	Да	Не проверялось
55	Интерактивная фильтрация	Интерактивная фильтрация значений блочной модели по заданным пользователем условиям (фильтрам дискретным и непрерывным свойств)	Обязательный	Да	Да
56	Перенос индексов с каркасов на блочную модель	Функциональность для выделения в блочной модели геотел и пространственных доменов на основе имеющихся каркасов этих геотел и пространственных доменов	Обязательный	Да	Да
57	Извлечение триангулированных поверхностей и геотел из блочной модели	Автоматизированное построение геотел на основе заданного граничного значения свойства блочной модели	Обязательный	Да	Да
58	Калькулятор для параметров блочных моделей	Функциональность для арифметических, логических и статистических операций с параметрами блочных моделей	Обязательный	Да	Да
59	Контроль качества построения блочной модели	Функциональность для сопоставления результатов блочного моделирования с исходными данными для выявления возможных расхождений	Обязательный	Да	Да
60	Дифференцированный подсчёт запасов	Возможность расчёта объёмов по блочной модели с разбивкой по заданной на этой модели дискретным индексам	Обязательный	Да	Да
61	Подготовка графических материалов к печати	Наличие окна и инструментов для отображения карт, разрезов, горных выработок и других данных в заданном масштабе, добавления элементов оформления (подписей, настраиваемого штампа, масштабной линейки, стрелок и т.п.)	Обязательный	Да	Да
62	Подготовка комбинированных отчетов к печати	Возможность комбинирования на одном листе разнородных режимов отображения: карты, схемы корреляции, графики, сечения, – и различных элементов оформления	Рекомендуемый	Да	Да
63	Подготовка многостраничных печатных макетов	Возможность подготовки многостраничных печатных макетов, в том числе - макетов с единым графическим содержанием, разбитым на несколько листов	Рекомендуемый	Да	Да
64	Вывод графических материалов на печать	Непосредственный вывод на печать графических материалов из интерфейса программного продукта на принтер или плоттер	Рекомендуемый	Да	Да
65	Создание легенды	Возможность автоматического создания легенды для карты на основе отображённых на ней объектов	Обязательный	Да	Да
66		Возможность использовать стандартные обозначения скважин, при необходимости пополнять набор символов	Рекомендуемый	Да	Да
67	Выделение систем трещин по исходным данным	Анализ исходных данных (элементов залегания, полученных по керновым данным или геофизическим исследованиям) на розе диаграмме и стереонете, ручное и автоматизированное выделение систем трещин	Рекомендуемый	Да	Да
68	Моделирование систем трещин	Построение дискретной модели трещин для одной или нескольких взаимодействующих систем трещин с учётом заданных трендов плотности и направления для каждой системы трещин, а также взаимоотношений систем трещин с изгибами пластов и разрывными нарушениями	Рекомендуемый	Да	Да
69	Контроль качества построения модели трещиноватости	Возможность сопоставления исходных данных и результатов моделирования систем трещин на схеме корреляции, розе диаграмме и стереонете	Рекомендуемый	Да	Не проверялось

70	Модели	Перенос параметров трещин на блочную модель	Расчёт параметров сообщаемости матрица-трещина, пустотности и проницаемости трещин и перенос этих параметров на блочную модель для дальнейших филь-трационных расчётов	Рекомендуемый	Да	Не проверялось
71	Вспомогательная функциональность	Маркшейдерский модуль	Наличие маркшейдерского модуля	Рекомендуемый	Нет	Нет
72		Горный модуль	Наличие горного модуля	Рекомендуемый	Нет	Нет
73		Гидрогеологический модуль	Наличие гидрогеологического модуля	Рекомендуемый	Да	Не проверялось
74		Геомеханический модуль	Наличие геомеханического модуля	Рекомендуемый	Да	Да
75		Экономический модуль	Наличие экономического модуля	Рекомендуемый	Нет	Нет

Руководитель
секции ПО и АС ЭТС ГКЗ

Д.Н. Болотник