



ДИСТАНЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУТЕЙ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В НЕДРАХ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

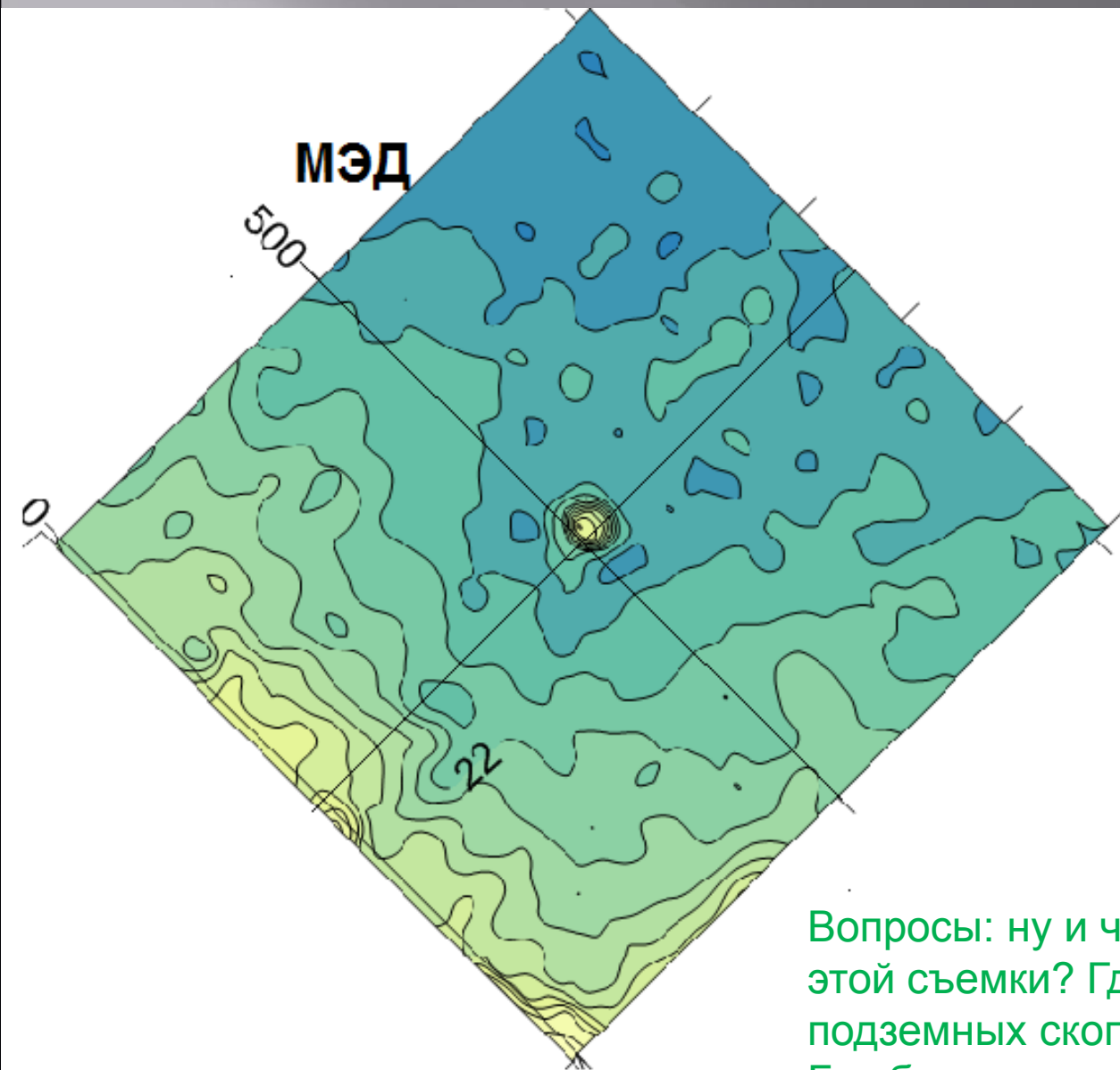
А.М. Романов

*РГП «Институт геофизических исследований»,
г.Курчатов,*

Республика Казахстан

2019

РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОМЕТРИИ УЧАСТКА СКВАЖИНЫ №1058



Данные съемки МЭД отражают распределение радиоактивного загрязнения на поверхности участка. Они не являются следами выхода загрязненных вод из очагов ПЯВ на поверхность. Основание: глубина проникновения радионуклидов на радиометрических аномалиях составляет первые сантиметры.

Вопросы: ну и что нам дают результаты этой съемки? Где находятся места подземных скоплений радионуклидов? Где бурить заверочные скважины?

ОТВЕТЫ НА ЭТИ ВОПРОСЫ ВОЗМОЖНЫ ТОЛЬКО В СЛУЧАЕ КОРРЕКТНЫХ ОБЪЯСНЕНИЙ:

- ▣ 1. ФИЗИЧЕСКИХ ПРИЧИН МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ
- ▣ 2. ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНЫХ И ВЕЩЕСТВЕННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СРЕДЫ НА МИГРАЦИЮ
- ▣ 3. ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ПРАВОМЕРНОСТИ ВЫЯВЛЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Они являются дистанционными но не могут ответить на поставленные вопросы. Причина – отсутствие целевой базы физико-геологических предпосылок

Метод	Задачи	Обоснование применения	Результативность
Магниторазведка	1. Литологическое расчленение 2. Выявление железных руд	Выделение массивов горных пород с различной магнитной восприимчивостью	Сомнительна при выделении линейных структур
Электроразведка зондирование становлением в ближней зоне	1. Литологическое расчленение 2. Зоны трещиноватости	Характерные изменения кажущегося сопротивления Снижение сопротивления в зонах трещиноватости	Поисковый признак накопителей подземных вод
Электроразведка вертикальное электрическое зондирование	1. Определение мощности рыхлых отложений 2. Расчленение рыхлых отложений	Характерное изменение кажущегося электрического сопротивления пород	Неприменима при выделении линейных структур
Сейсморазведка МДРВ	1. Оконтуривание участков раздробленных горных пород 2. Выделение зон уплотнения-разуплотнения	Снижение и неупорядоченное изменение скорости прохождения волн	Неприменима при выделении линейных структур
Георадарная съемка	Расчленение верхней части разрезов	Различие диэлектрических свойств горных пород	Средняя и только для глубин до 30 м
Электроразведка КС площадная	1. Литологическое расчленение	Характерные изменения кажущегося сопротивления	Высокая, требует дополнительных исследований
(метод срединного градиента)	2. Зона трещиноватости	Уменьшение сопротивления в целом	
	3. Зона водотока	Линейное уменьшение сопротивления	
	4. Рассланцевание	Изменение сопротивления площадное, анизотропное	
Электроразведка методом ЕП	Выделение потоков подземных вод	Изменение потенциала ЕП по зонам потоков подземных вод	

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИСПОЛНЕНИЯ РАБОТ

1 ЭТАП

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

представляет физический процесс взаимодействия горных пород и вод в гидродинамических структурах литосферы через посредство электрического поля потенциала течения



ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФГМ



ДИНАМИЧЕСКИЙ

скорость потока вод относительно горных пород



СТРУКТУРНЫЙ

изменение поперечного сечения потока вод



ВЕЩЕСТВЕННЫЙ

изменение отношения удельного электрического сопротивления горных пород и вод

2 ЭТАП

практическое доказательство правомерности ФГМ

ЛАБОРАТОРНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ
И РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ
СЪЕМКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ
РАДИАЦИОННЫХ
ОБЪЕКТОВ
(ПЛОЩАДКА ДЕГЕЛЕН)

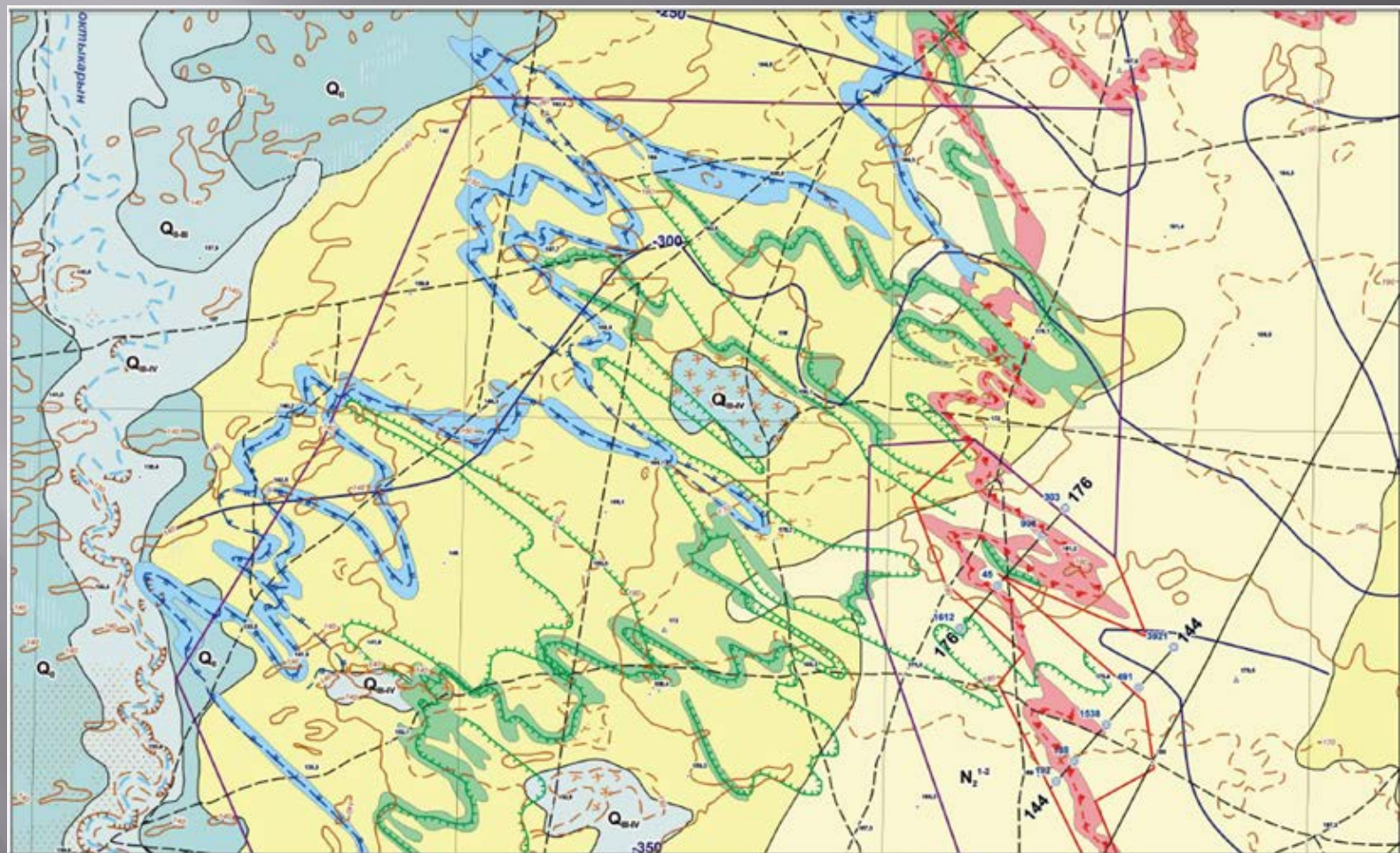
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ
И РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ
СЪЕМКИ ПОДЗЕМНЫХ
РАДИАЦИОННЫХ
ОБЪЕКТОВ
(ПЛОЩАДКА БАЛАПАН)

В КАЧЕСТВЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДПОСЫЛОК ПОСТАНОВКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИСПОЛЬЗОВАНЫ:

- ▣ 1. Линейность потоков миграции;
- ▣ 2. Изменения химического состава горных пород в недрах. Они выражаются в замещении и переотложении веществ твердой фазы (в том числе и радиоактивных), при соблюдении **"закона постоянства объемов" Линдгрена.**
- ▣ 3. Экспериментально установленные локальные накопления растворенных веществ в потоках вод и в твердой фазе горных пород

ЛИНЕЙНАЯ ВЫТЯНУТОСТЬ ПОТОКОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Осложняющий фактор применения геофизических методов и бурения.



$K_{2sp}(in_1)$

залежь среднеинкудукского подгоризонта



$K_{2t_1}(mn)$

залежь нижнемынкудукского подгоризонта



$K_{2st}(in_1)$

залежь нижнеинкудукского подгоризонта

Геологические предпосылки локализации объектов поиска используют данные ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ, определяющих процессы изменения химического состава

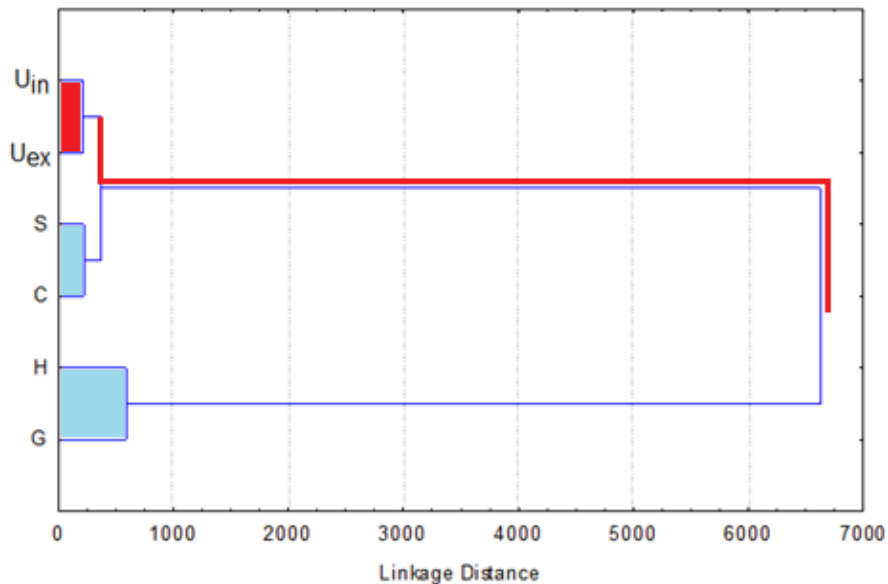
Термодинамические параметры являются поисковыми критериями в практике **геологических и геохимических** работ. Они могут определяться только путем непосредственного опробования. Т.е. характеризуются нулевой дистанционностью. В качестве физического обоснования (или предпосылок) для постановки структурных геофизических методов непригодны. Даже такой параметр как тепло, при поисках загрязнений оказался самым безрезультативным.

Тем не менее, использование ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ для обоснования постановки дистанционных геофизических методов выявления мест миграции радионуклидов под землей вполне возможно.

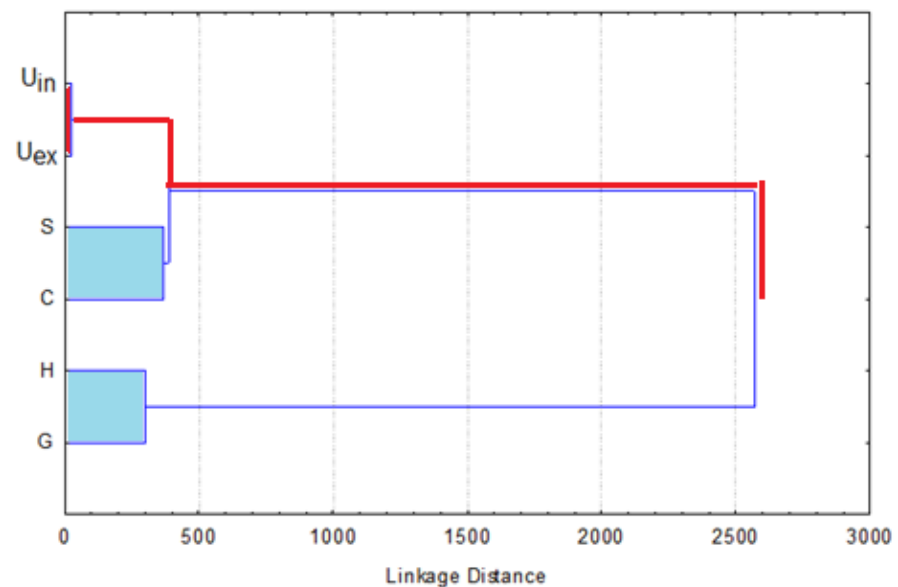


Как ни странно, но наиболее соответствующими целям работ оказались параметры ЭНТРОПИЯ и УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ. Они тесно связаны с электрическими параметрами ионных соединений (монография)

ОКИСЛЫ



ХЛОРИДЫ



Согласно кластерному и корреляционному анализам устанавливается, что параметры энтропия и удельная теплоемкость характеризуются более тесной связью с энергией электрического поля (внешней и внутренней) чем с энтальпией и свободной энергией Гиббса. Общая энергия (совместно тепловая и электрическая) проявляется через энтропию, а также удельную теплопроводность (которая вероятно связана с электропроводностью).

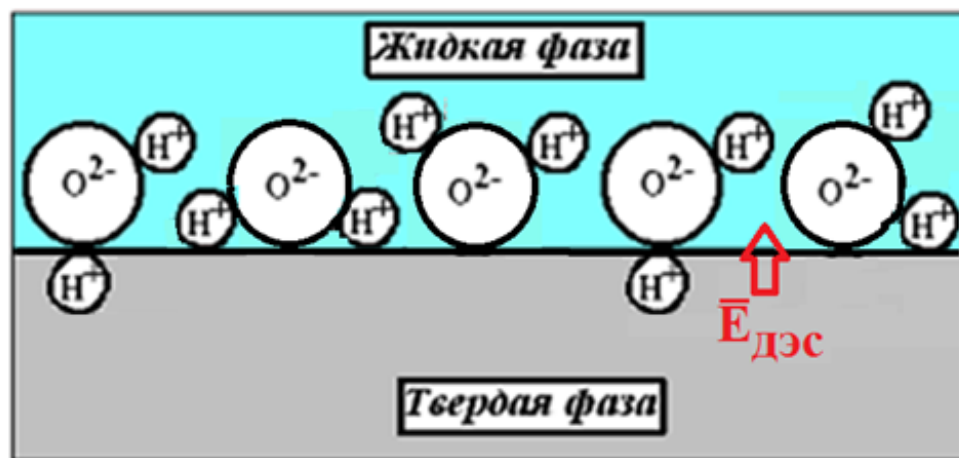


Обоснование взаимосвязи производится согласно строгому соблюдению ЗАКОНА ЭЛЕКТРОНЕЙТРАЛЬНОСТИ

- ▣ Для ионопроводящих сред его обязательность доказана
- ▣ - математически;
- ▣ - логически;
- ▣ - экспериментально.

На этой основе РАЗРАБОТАНА МОДЕЛЬ ДВОЙНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЛОЯ ДЛЯ НЕПОДВИЖНЫХ ТВЕРДОЙ И ЖИДКОЙ ФАЗ

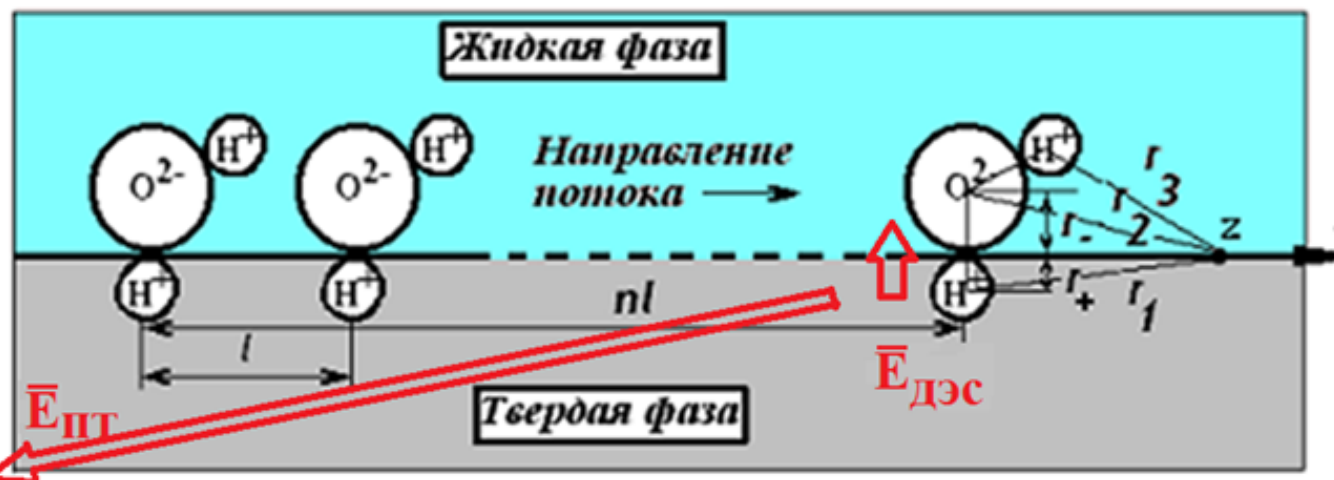
Двойной электрический слой при отсутствии
движения жидкой фазы



Максимальная расчетная
разность потенциалов ДЭС
составляет $1,5 \cdot 10^{-3}$ В

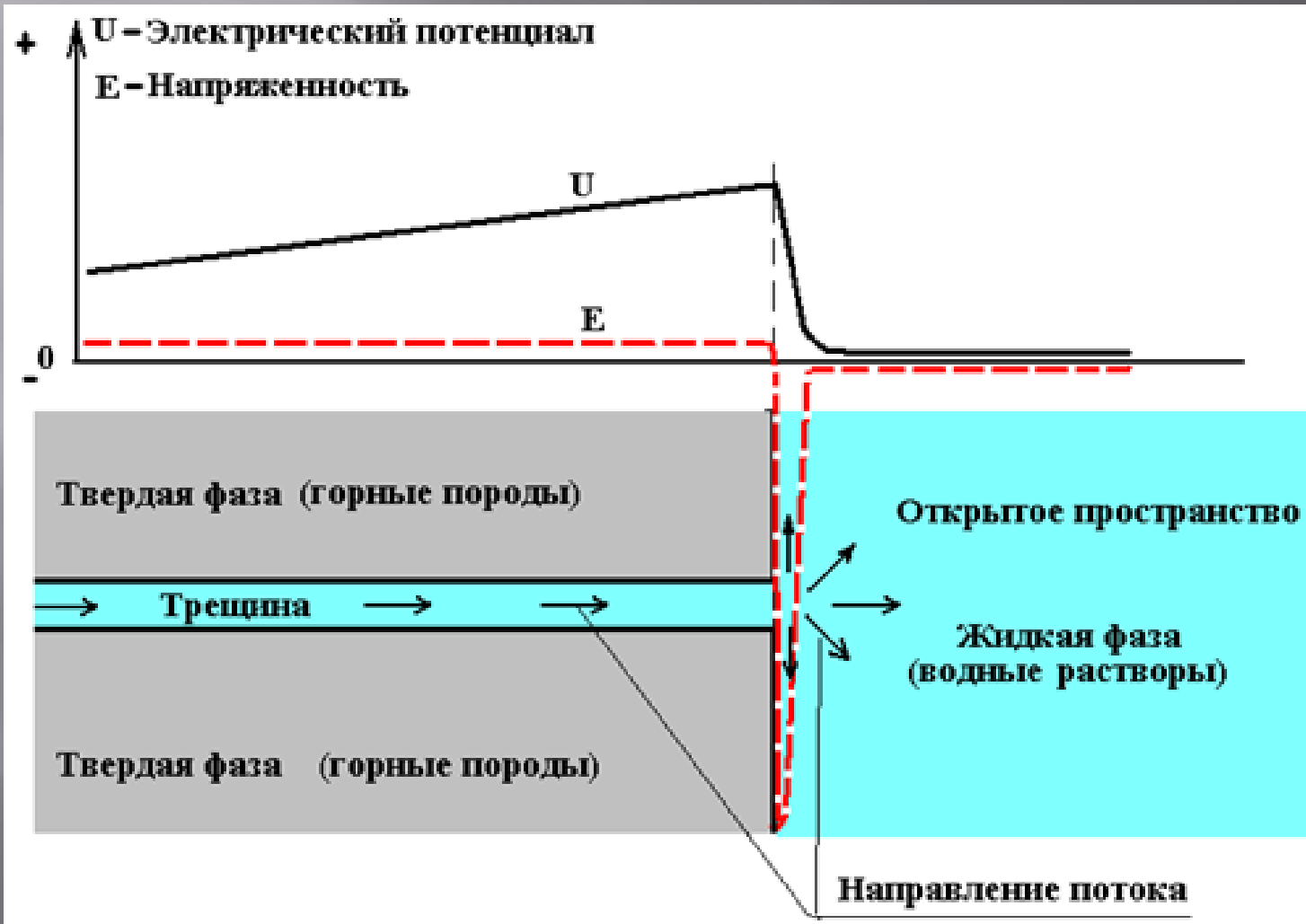
АНАЛОГИЧНАЯ МОДЕЛЬ ДВОЙНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЛОЯ РАЗРАБОТАНА И ДЛЯ ПОТОКА ВОД В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ

Сопоставление напряженности полей потенциала течения при механической ориентировке диполей гидроксил-ионов жидкой обкладки двойного слоя потоком вод и потенциала ДЭС



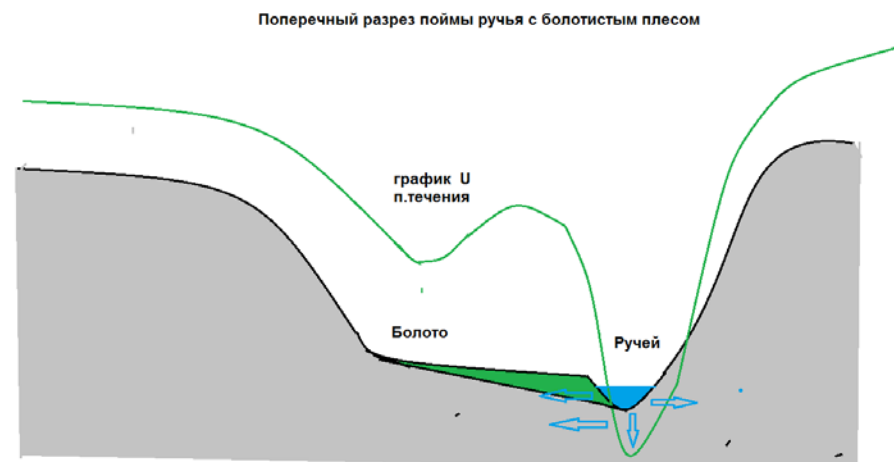
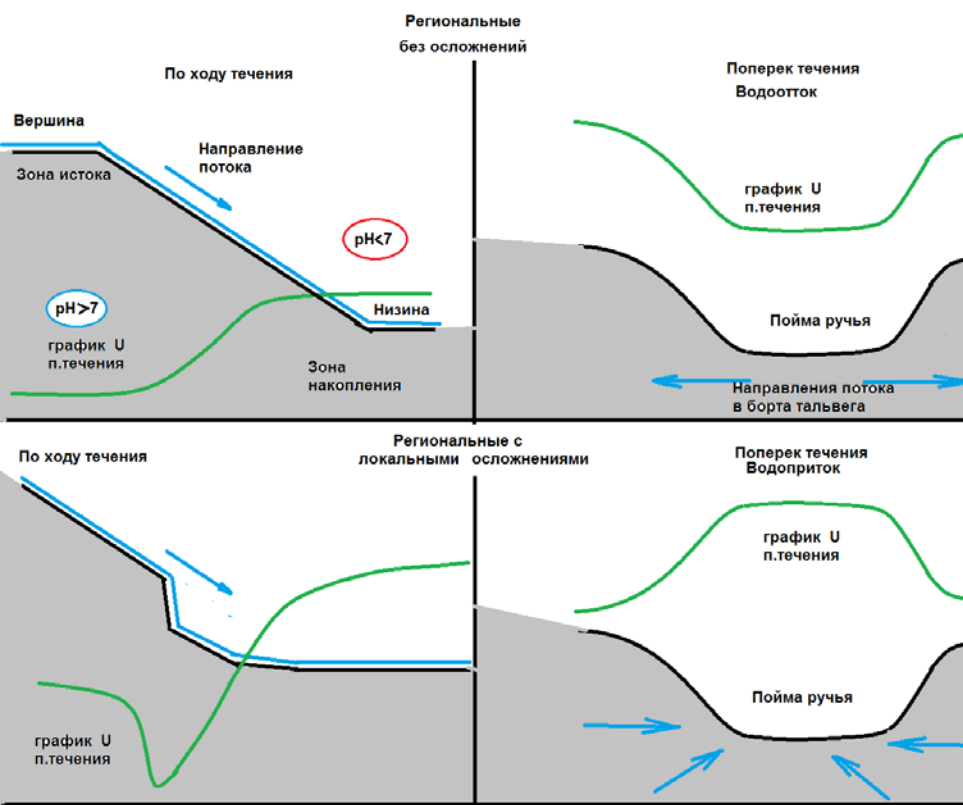
Расчетная разность
потенциала
течения составляет
сотни-тысячи
милливольт

Применительно к геологическим условиям сформулирована
основная схема распределения характеристик
электрического поля в месте выхода потока вод из узких
каналов в полости



ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЕП В ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ (ПОПЕРЕЧНЫЕ И ПРОДОЛЬНЫЕ РАЗРЕЗЫ)

Распределение ЕП в физико-геологической модели



Использование термодинамического представления природного взаимодействия горных пород и вод заключается в учете трех геолого-физических факторов:

- динамического - скорости движения вод относительно горных пород;
- структурного – особенностей пространственных характеристик гидродинамической структуры, определяющих изменчивость поперечного сечения потока вод;
- вещественного – минеральных особенностей, определяющих отношение удельных электрических сопротивлений твердой и жидкой фаз.

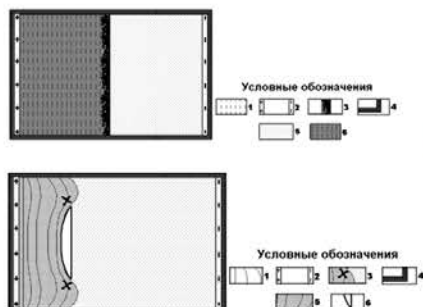
Все три фактора могут влиять на взаимодействие вод и горных пород только через посредство электрического поля.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА МЕЖФАЗНЫЙ ПЕРЕХОД ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

(отражение динамического, структурного и
вещественного факторов)

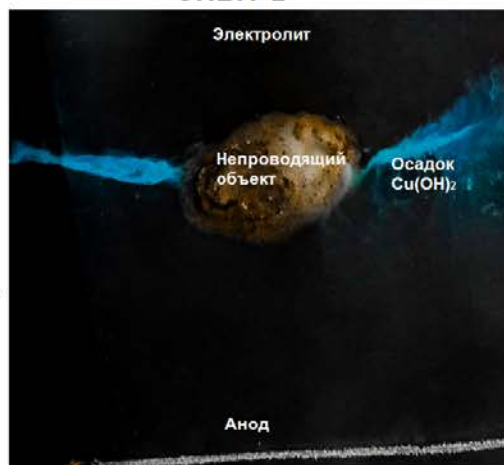
Экспериментальное доказательство локального накопления вещества в жидкой фазе

ОПЫТ 1



Отложение вещества из
раствора в электролизной
ячейке при различной
структуре
межэлектродного
пространства

ОПЫТ 2



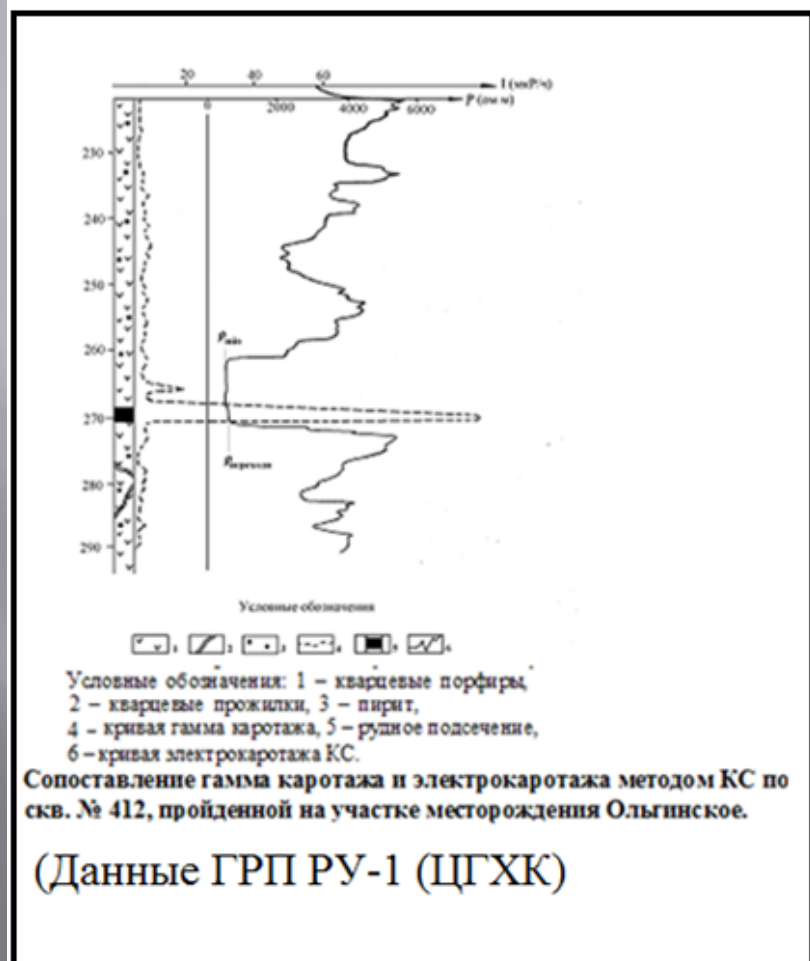
Двустороннее накопление вещества
на границах непроводящего объекта

ОПЫТ 3

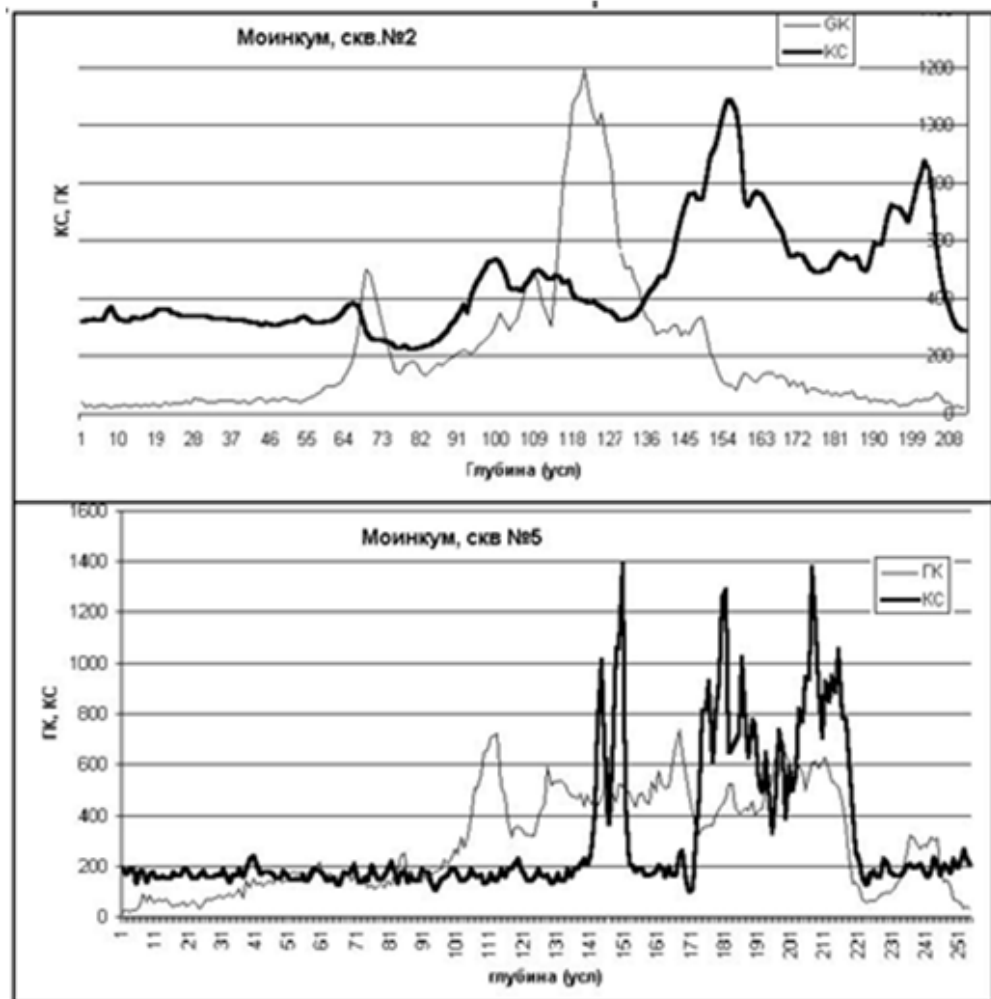


Инверсное представление опыта 2: локальное
накопление вещества в объеме между двумя
непроводящими объектами

Природная приуроченность радионуклидов к участкам высокого градиента удельного электрического сопротивления горных пород – **ВЕЩЕСТВЕННЫЙ ФАКТОР**



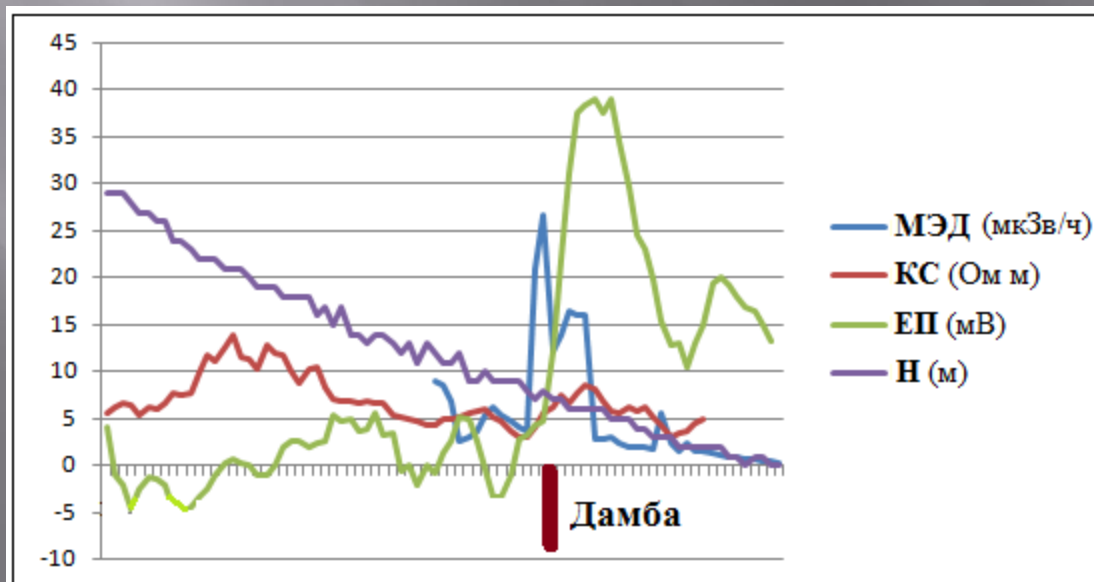
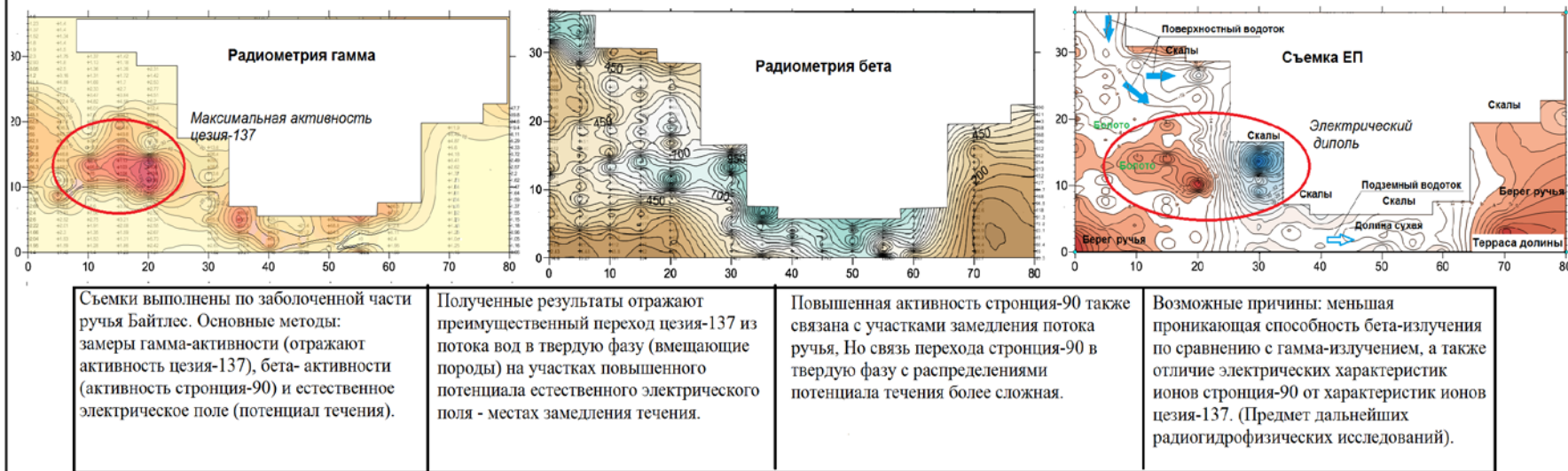
СКУРП



ЮКУРП (по данным ОАО «Волковгеология»)

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ПРАВОМЕРНОСТИ ФГ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ – **ПРОЯВЛЕННОСТЬ ФАКТОРОВ**

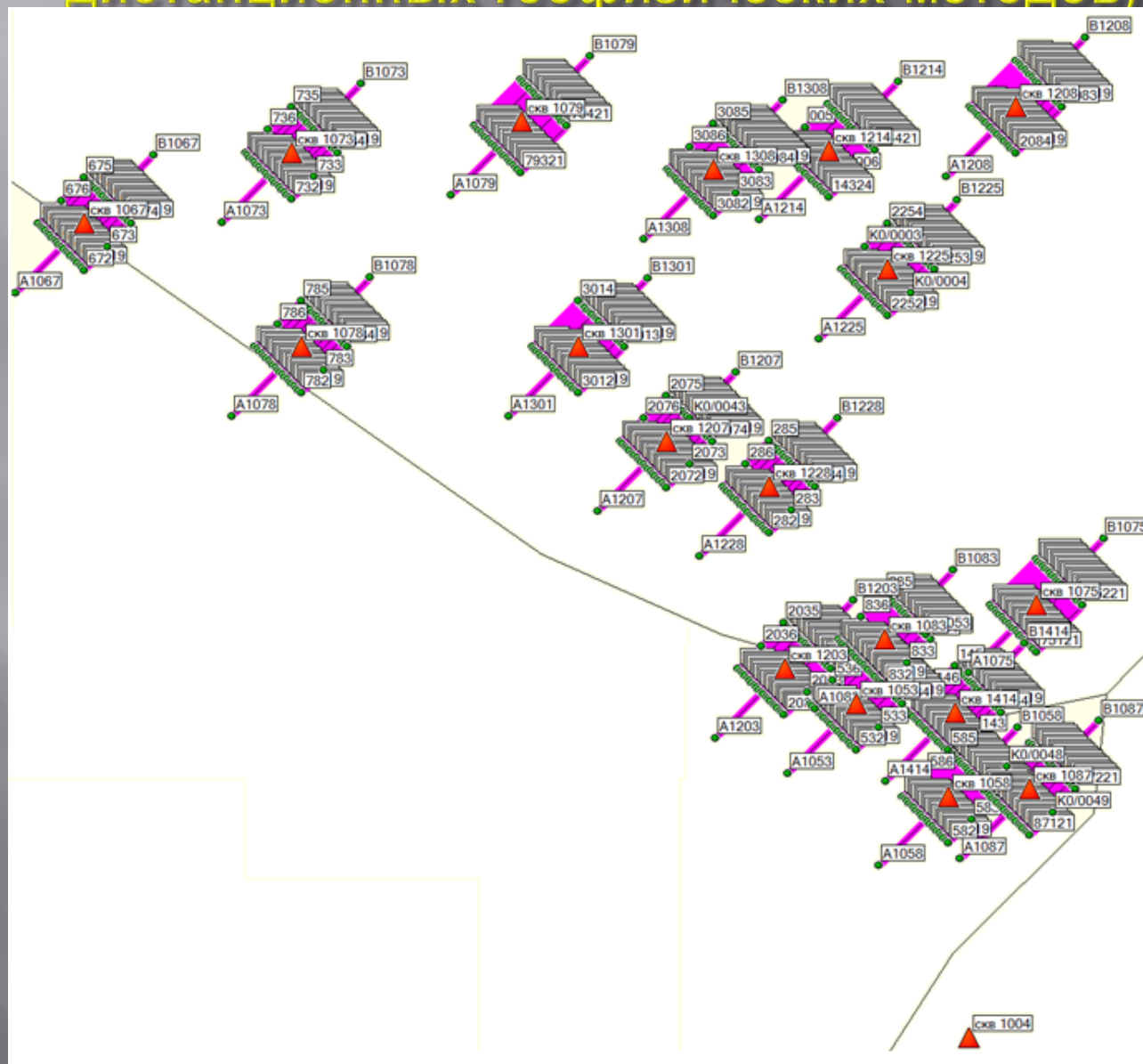
Доказательство приуроченности отложения радионуклидов в твердую фазу горных пород на участках высокого градиента
электрического поля потенциалов течения потока ручья из боевой штольни



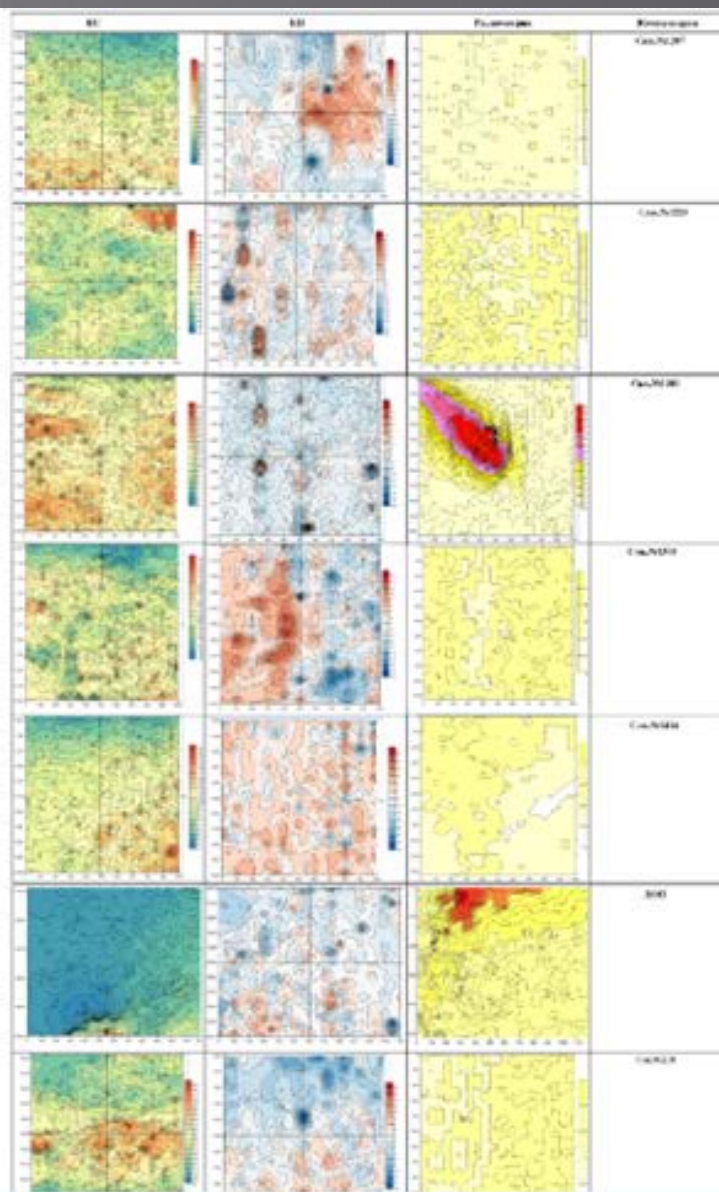
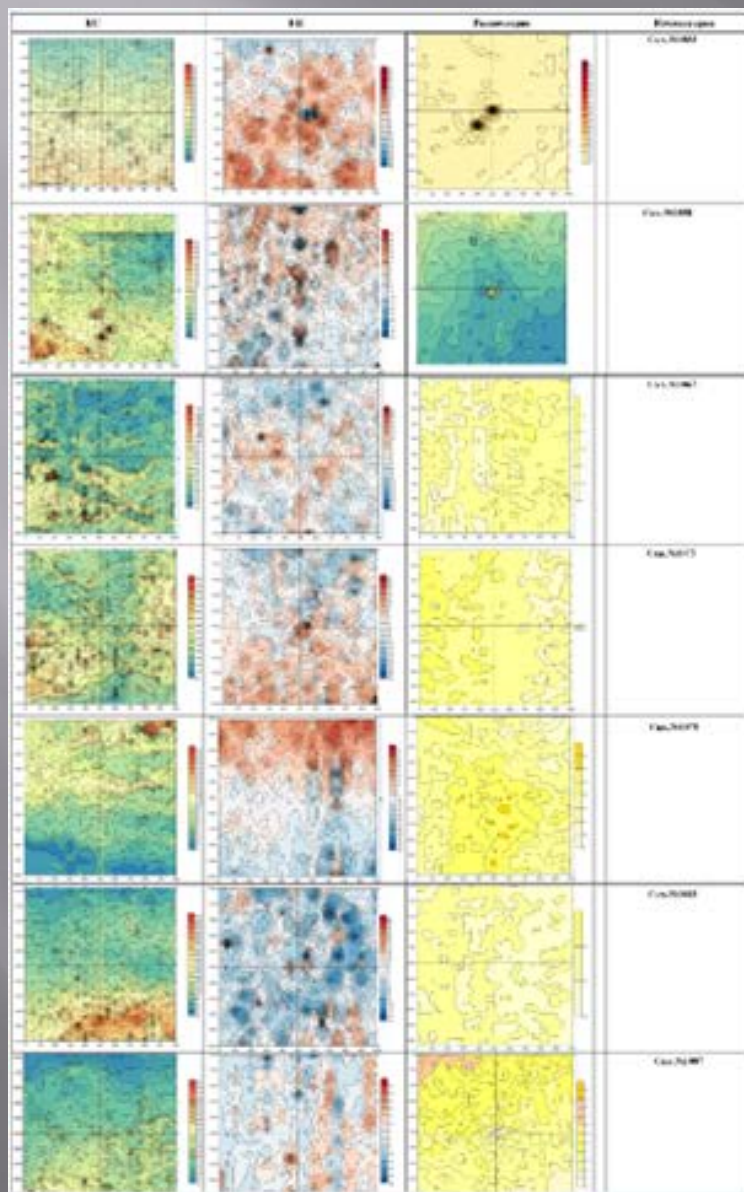
Ручей Узынбулак

Взаимное
распределение МЭД, КС
и ЕП по маршрутной
съемке

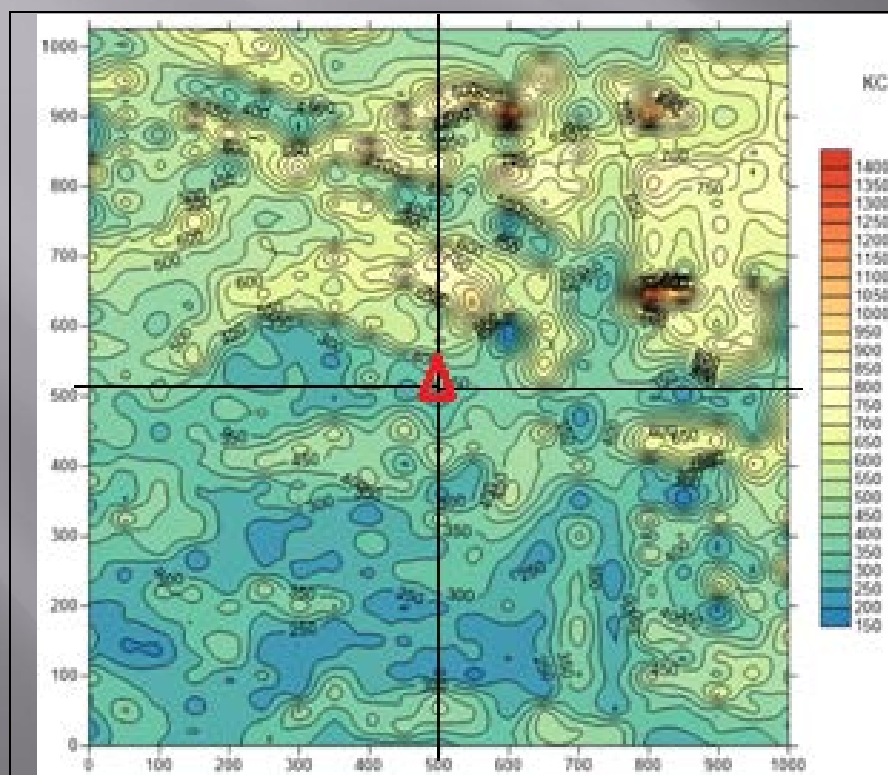
РАСПОЛОЖЕНИЕ УЧАСТКОВ СЪЕМОК ПО СКВАЖИНАМ ПЛОЩАДКИ БАЛАПАН (для определения применимости дистанционных геофизических методов)



СВОДНАЯ ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ СТРУКТУРНЫХ ГЕФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ НА ПЛОЩАДКЕ БАЛАПАН



Подновленные и вновь образованные структуры по данным методов КС подтверждают возможность выявления участков предполагаемой миграции радионуклидов из очагов ПЯВ (МОНОГРАФИЯ)

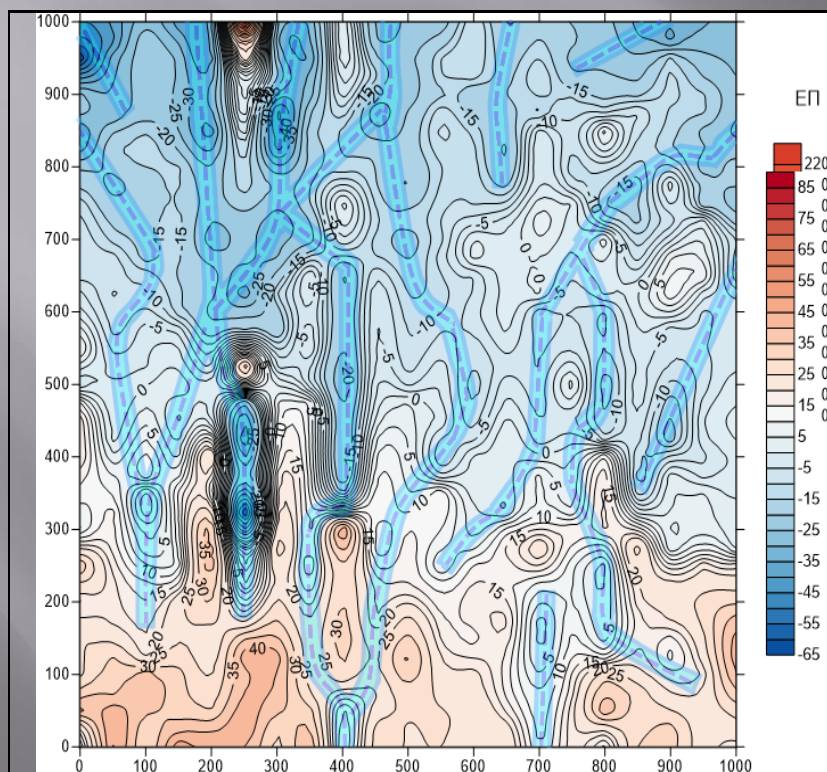


Подновленные линейные структуры

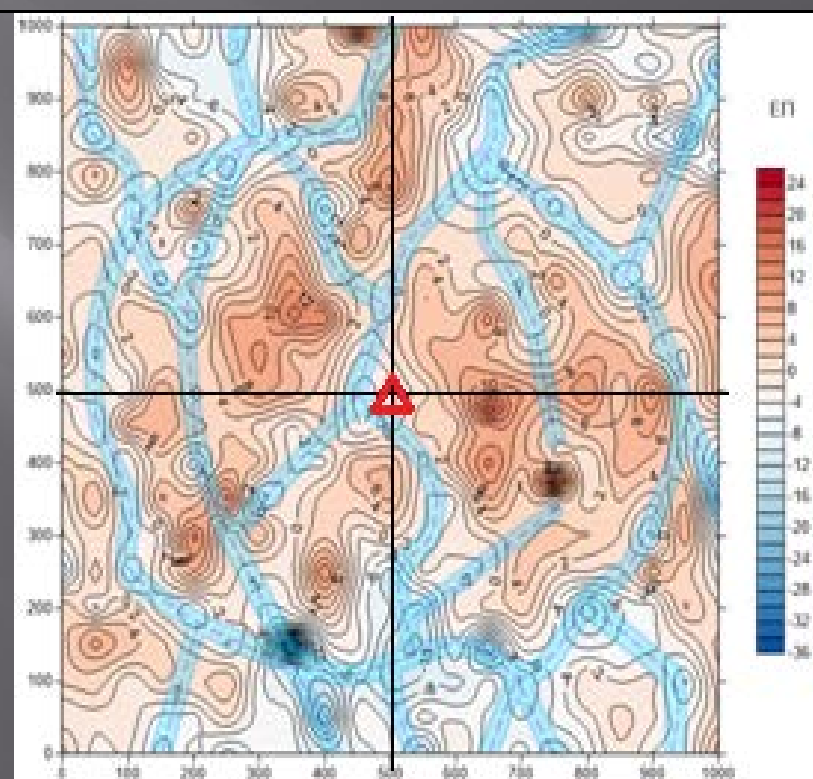


Техногенные кольцевые структуры

Особенности распределения ЕП на участках природных и техногенных распределений потенциала течения указывают на возможность выявления потоков вод, в т.ч. переносящих радионуклиды



а) Скважина 1078 (структурная) удалена от ПЯВ, линейные природные структуры ЕП, выделены голубыми линиями



б) Скважина № 1067 (боевая) – в центре участка. Кольцевые техногенные структуры ЕП выделены голубыми линиями

ОСЛОЖНЕНИЕ

ХАРАКТЕРНЫЕ СТРУКТУРЫ МИГРАЦИИ ВЫДЕЛЕНЫ.
НО НЕОБХОДИМО ДОКАЗАТЕЛЬСТВО НАЛИЧИЯ В НИХ
ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ.

НУЖНЫ СКВАЖИНЫ.

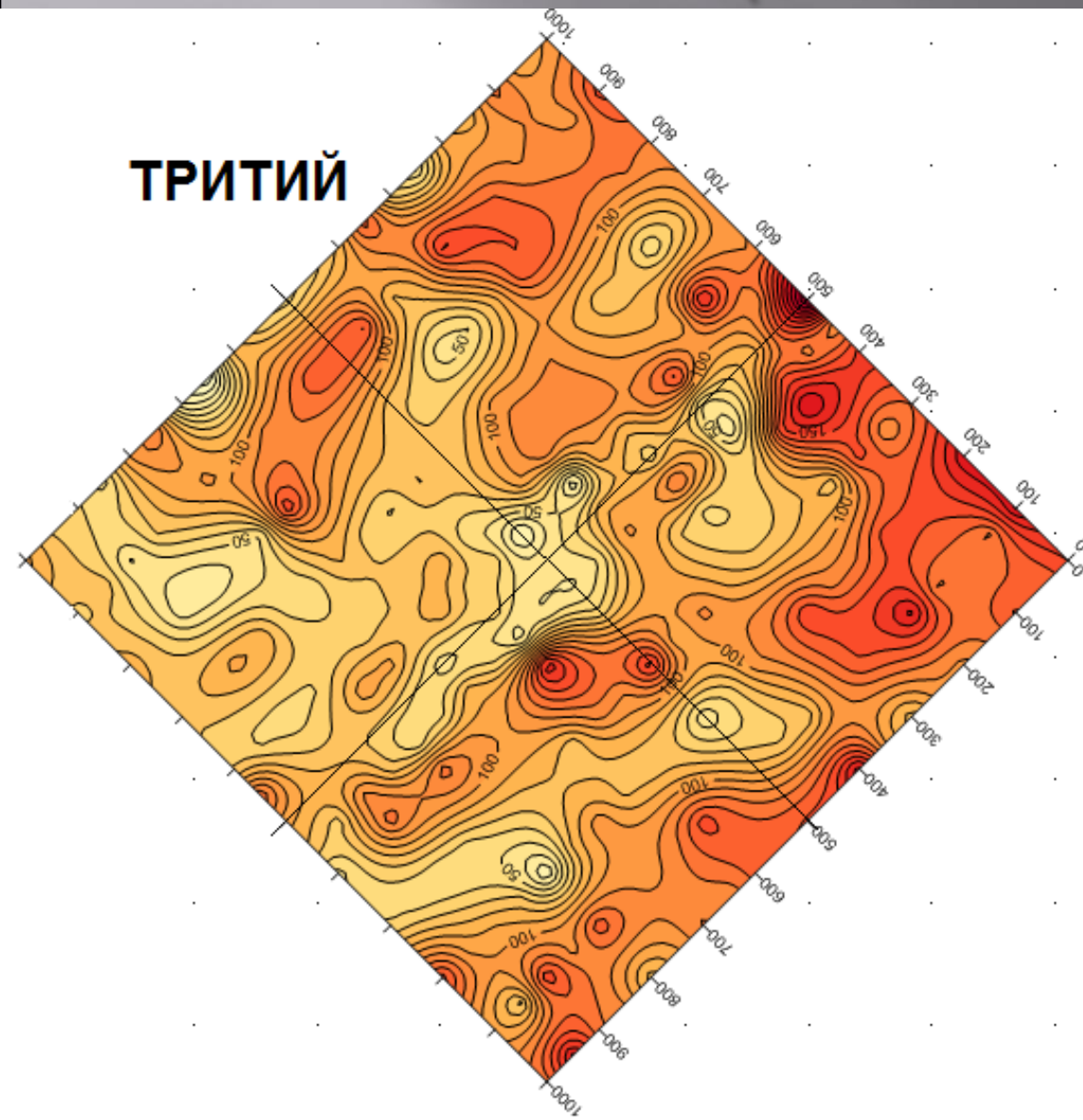
И НА ЭТОТ МОМЕНТ РЕЗКО СОКРАЩАЕТСЯ БЮДЖЕТ.

СКВАЖИН НЕТ И НЕ БУДЕТ. ОПРАВДАНИЯ НЕ
ПРИНИМАЮТСЯ

РЕНОМЕ ИНСТИТУТА НА НУЛЕ. **ОСТАЕТСЯ 9 МЕСЯЦЕВ
НА ПОЗОРНУЮ СДАЧУ, ИЛИ НА РИСКОВАННОЕ
РЕШЕНИЕ СИТУАЦИИ.**

РЕШЕНИЕ: ПРОВЕДЕНИЕ СЪЕМКИ ГАЗОВОГО ТРИТИЯ (СКВАЖИНА №1058)

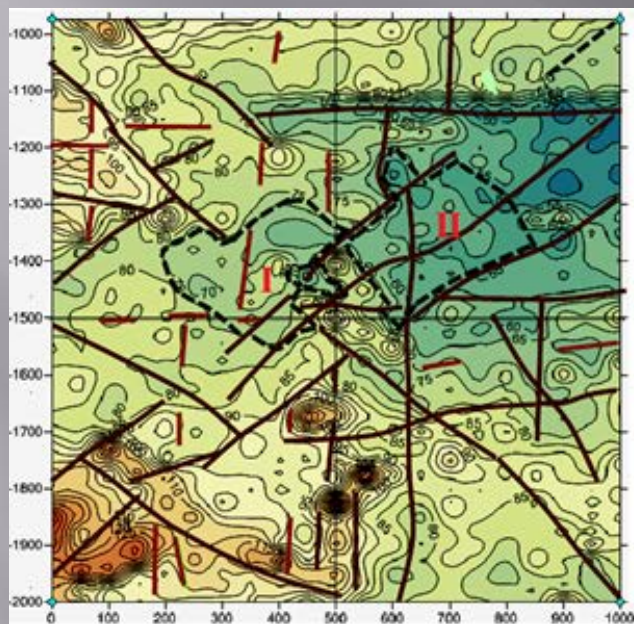
ТРИТИЙ



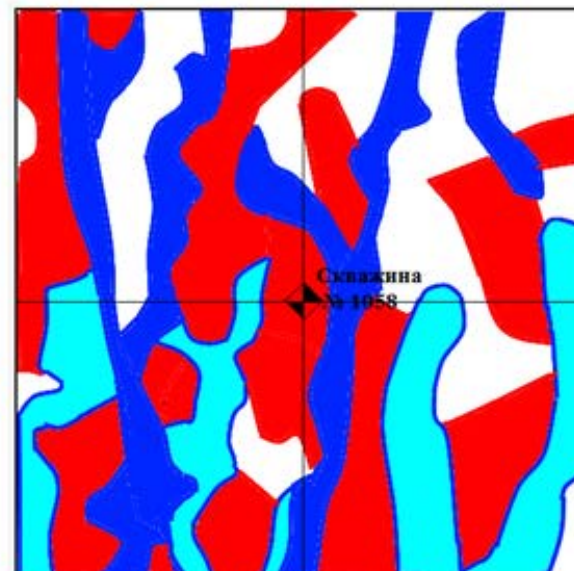
Съемка активности газового трития выполнена по новой методике. Выделенные повышения активности по своему виду не относятся к случайным распределениям.

Выполнено сопоставление распределений газового трития с распределениями ЕП и КС

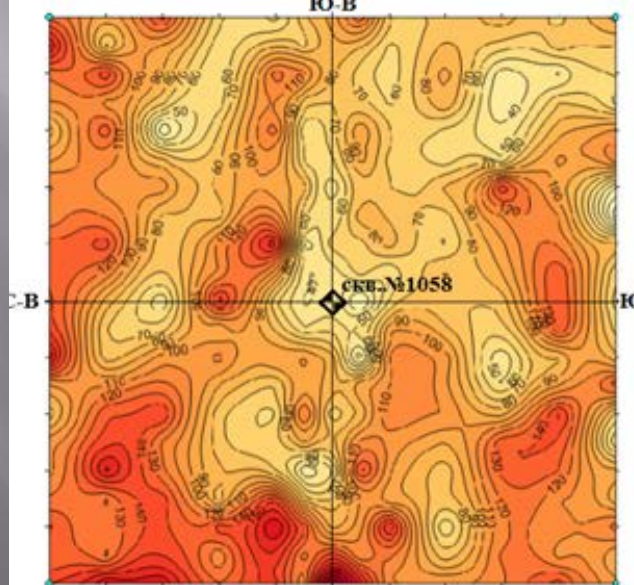
СОПОСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ МЕТОДОВ СТРУКТУРНОЙ ГЕОФИЗИКИ И ГАЗОТРИТИЕВОЙ СЪЕМКИ



Ю-В



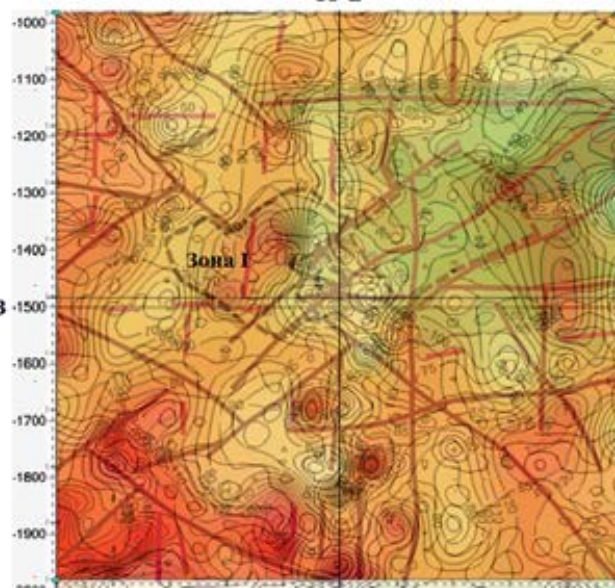
Ю-В



С-З

Ю-З

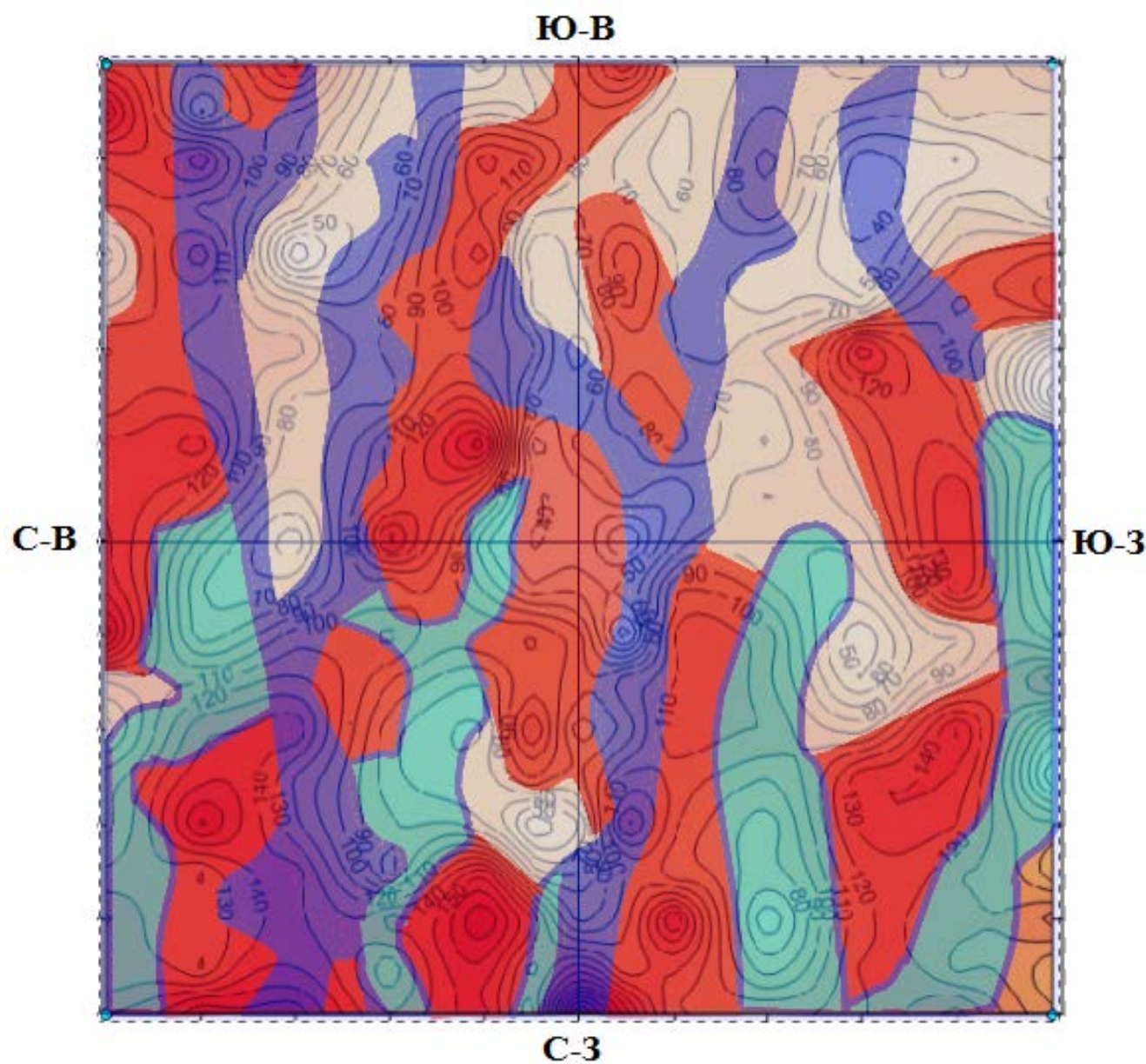
С-В



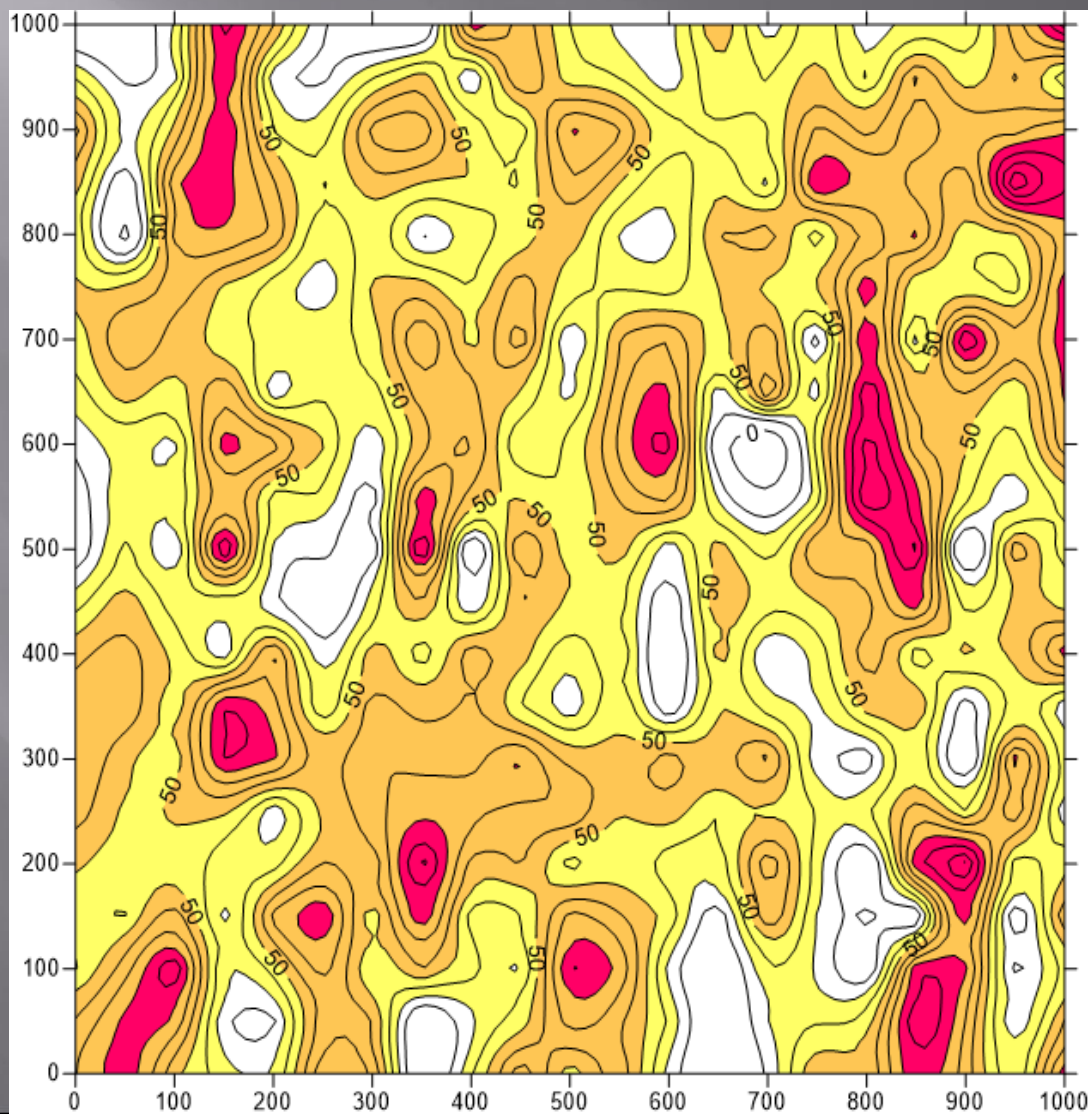
С-З

Ю-З

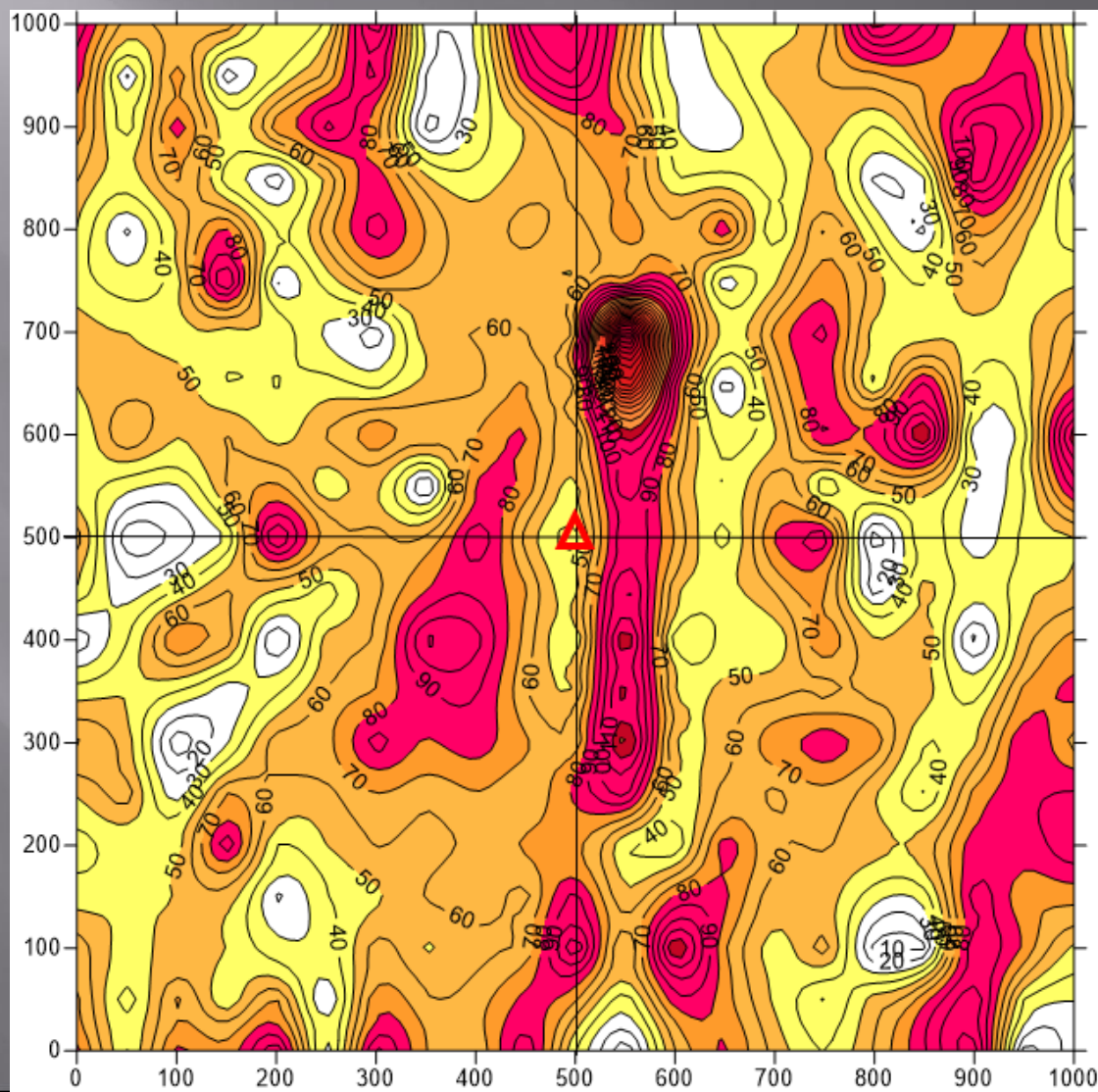
СОПОСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ СЪЕМОК ЕП И ГАЗОВОГО ТРИТИЯ. Это обосновало постановку тритиевой съемки на остальных участках боевых скважин



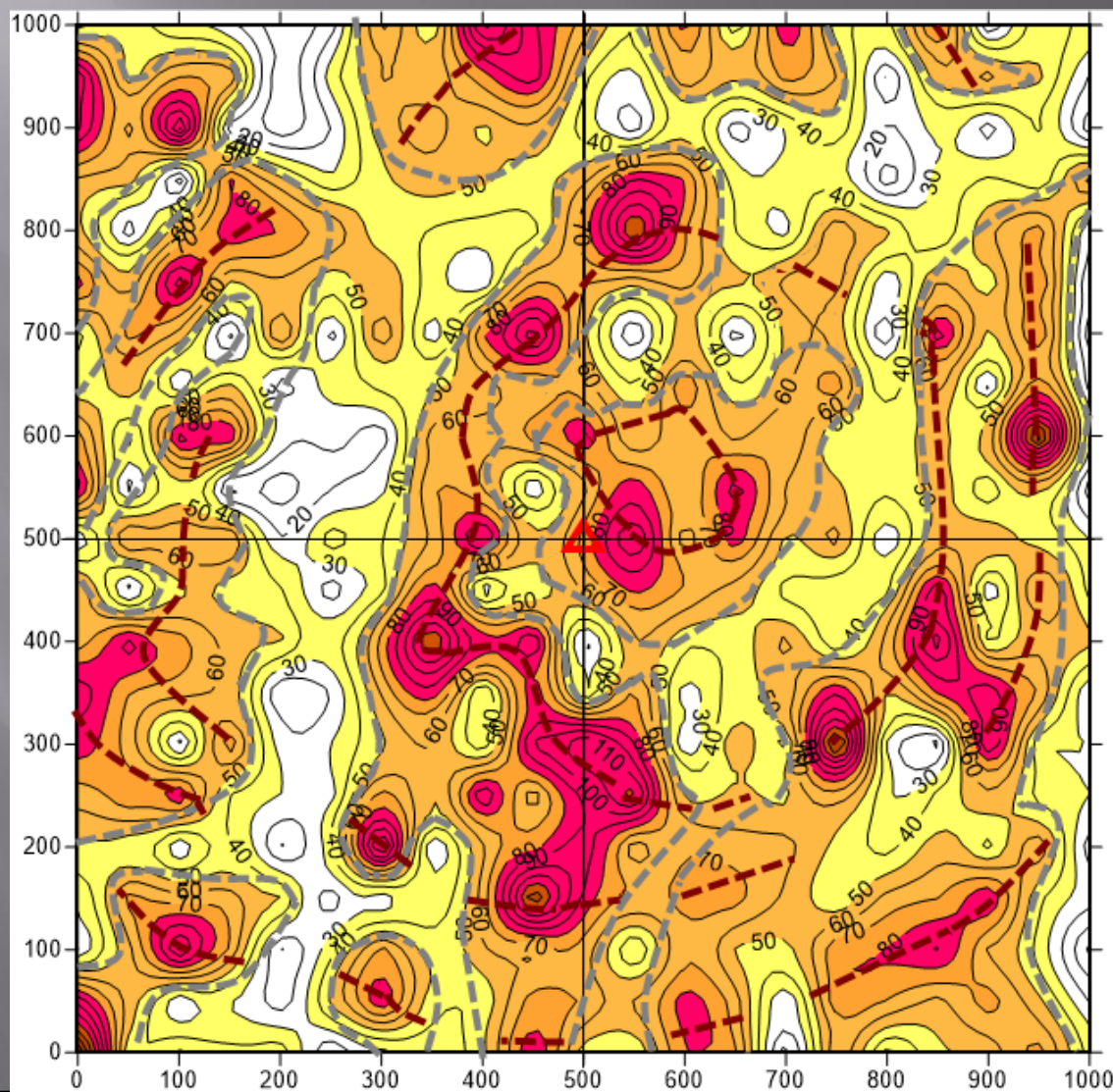
Распределение активности трития на участке структурной скважины №1208, находящейся на границе площадки Балапан



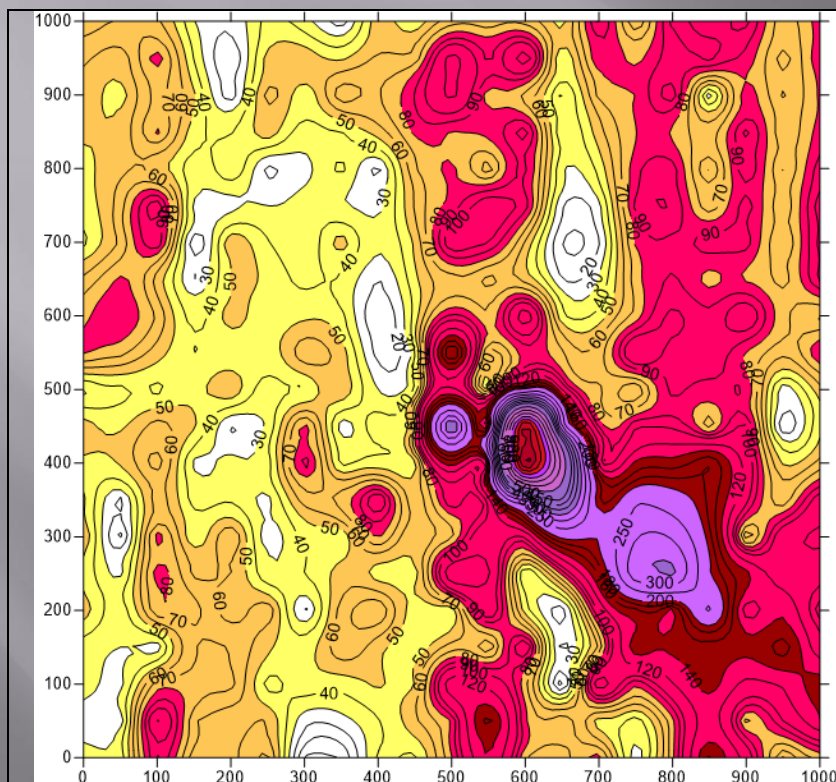
Линейное распространение трития по подновленным зонам северо-восточных разломов на участке боевой скважины №1414



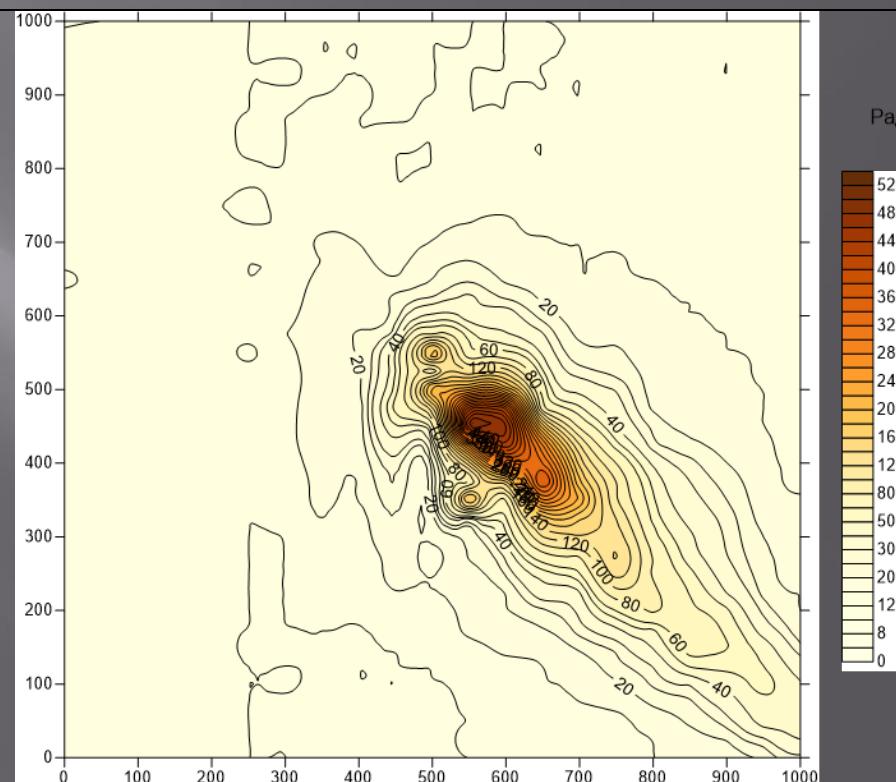
Кольцевые распределения активности трития по техногенным зонам уплотнения – разуплотнения на участке боевой скважины № 1067



Сопоставление данных съемок гамма-активности и активности трития по скважине №1301 (нештатная ситуация)



Изолинии Активности трития



Изолинии гамма-активности

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- ▣ Получены комплексные геофизические данные, позволившие не только дистанционно выделить гидродинамические структуры, переносящие продукты ПЯВ в СИП, но и установить в них наличие радионуклидов.
- ▣ Применение предложенной комплексной съемки имеет большую целесообразность по сравнению с опробованием на основе бурения скважин. Причина: скважины имеют высокую стоимость. Кроме того для них высока вероятность промаха при вскрытии линейных структур. Аварии при бурении в зонах тектонических и техногенных нарушений неизбежны, что резко удорожает работы. Геофизические съемки дают существенно большую, детальную и точную информацию.
- ▣ Разработки 2015-2017 гг обсуждались на региональных и международных конференциях. В частности - на «Булашевических чтениях 2015 и 2017 гг». Молодыми учеными сделано 6 докладов. Также 6 докладов сделано на международной конференции. Все доклады опубликованы в журнале «Вестник НЯЦ». Непосредственно по темам работ первого этапа подготовлена и опубликована монография. Подготовлены и направлены в РГП КазПатент 6 заявок на изобретение. По результатам второго этапа опубликована еще одна монография. Сделан отчет в МОН РК по теме соответствующих грантовых работ.
- ▣ Работы в данном направлении являются принципиально новыми и заполняют пробел в физическом представлении процесса взаимодействия горных пород и вод, что было отмечено при обсуждении на II Всероссийской конференции ДВО РАН во Владивостоке в сентябре 2015 г и в Чите (2018)
- ▣ ПРИНОШУ ИЗВИНЕНИЯ ЗА ТЕЗИСНЫЙ ХАРАКТЕР ИЗЛОЖЕНИЯ ДОКЛАДА