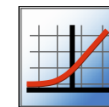




Санкт-Петербургское отделение
института Геоэкологии РАН



ANSDIMAT
www.ansdimat.com

Гидрогеологические расчеты на практике: вселенная **АНСДИМАТ**

Никуленков Антон Михайлович
Синдаловский Леонид Наумович
Румынин Вячеслав Гениевич

АНСДИМАТ – это программа для повседневных гидрогеологических расчётов

Интерпретация первичных полевых данных для определения фильтрационных и миграционных параметров водоносных пластов;

Параметрическое обоснование – это фундамент любого прогноза

Коллекция эталонных аналитических решений для типовых гидрогеологических задач;

С. Хокинг, "каждая формула в книге уменьшает количество читателей в два раза"

Инструмент для быстрого принятия проектных решений;

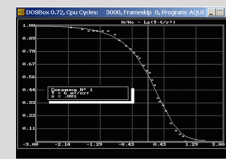
Решение любой задачи в программе АНСДИМАТ займёт не более 10 минут

Способ экспертизы гидрогеологических расчетов.

Легко посчитать и легко проверить расчеты. Программа востребована как у исполнителей работ, так и у экспертов, которые ее принимают

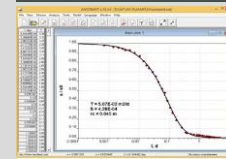
1993

Интерпретация ОФР в MS-DOS



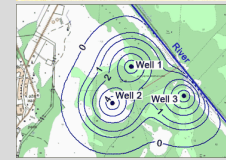
2001

Переход в Windows



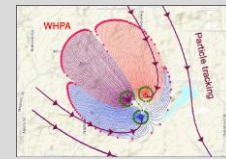
2005

Модуль аналитического моделирования



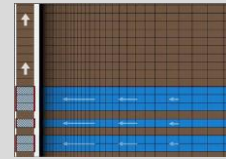
2006

Модуль ЗСО



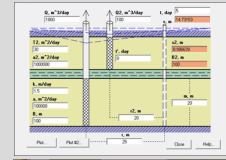
2008

Численное моделирование ОФР



2010

Калькулятор гидрогеолога



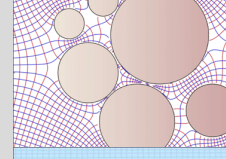
2015

Притоки в карьер



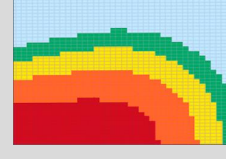
2021

Модель аналитических элементов (АЕМ)



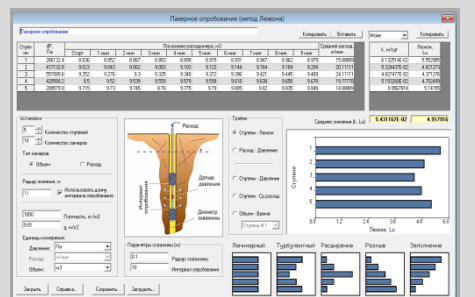
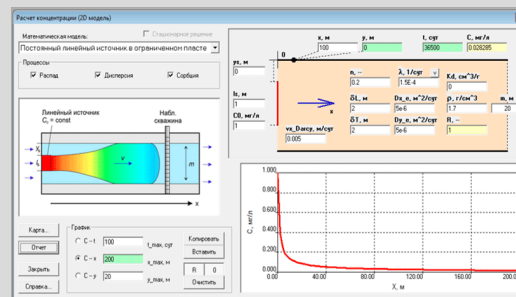
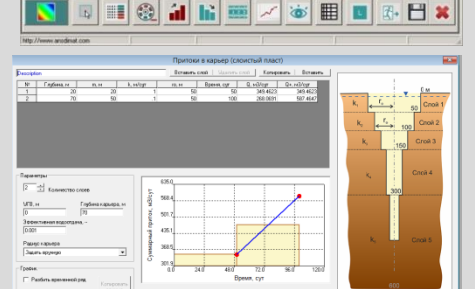
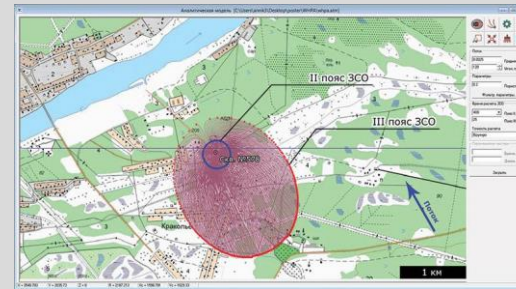
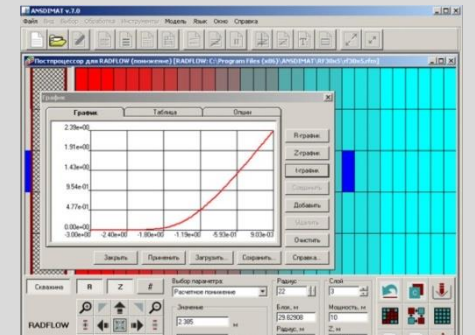
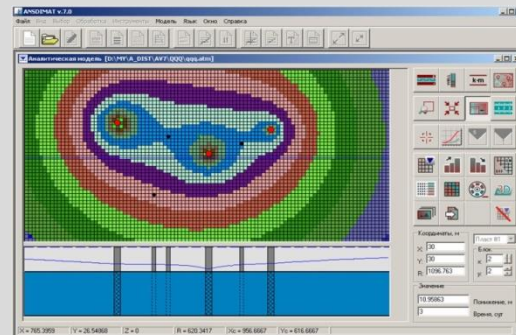
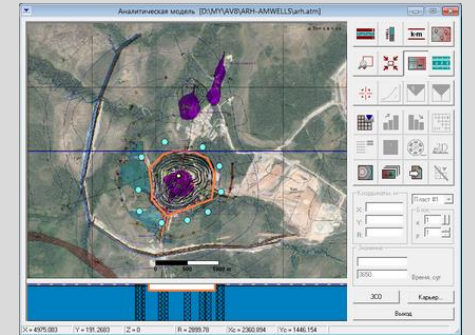
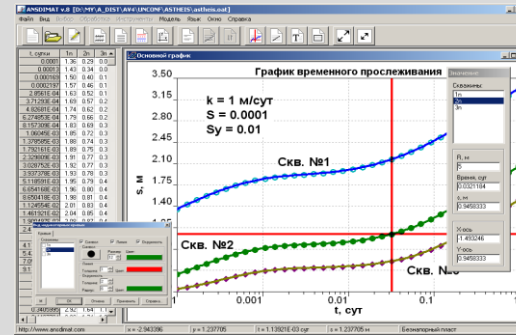
2023

Геомиграционные расчеты



Назначение:

- 1 Интерпретация опытно-фильтрационных (ОФР) и опытно-миграционных (ОМО) работ;
- 2 Оценка запасов подземных вод и расчет зон санитарной охраны;
- 3 Оценка водопритоков в подземные горные выработки (карьеры, шахты) и расчет дренажных систем;
- 4 Прогноз изменения гидрогеологических условий при строительстве (подтопление, барраж, депрессионные воронки);
- 5 Обоснование проектных решений по водозащитным мероприятиям (расчет выпора грунта, суффозии, дренажа, ПФЗ);
- 6 Прогнозы изменения качества воды на питьевых водозаборах;
- 7 Геомиграционные расчеты.



Отрасли применения:

- 1 Инженерные изыскания под строительство;
- 2 Разработка месторождений полезных ископаемых;
- 3 Поиски, разведка и охрана подземных вод;
- 4 Проектирование дренажных (водопонижительных) систем;
- 5 Проектирование водоохраных мероприятий;
- 6 Экологические прогнозы.

География пользователей:



750 компаний в 35 странах
43 университета в 14 странах
используют АНСДИМАТ

АНСДИМАТ – гидрогеологический стандарт в России

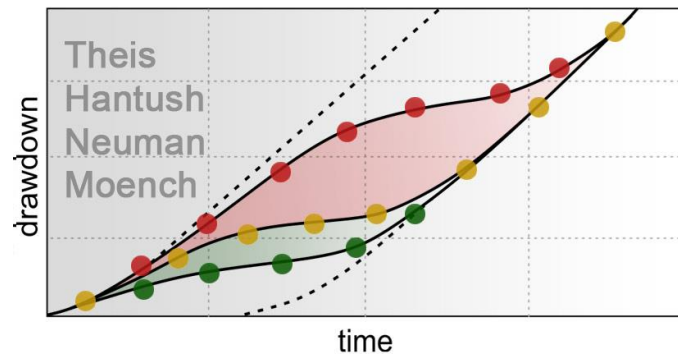
АНСДИМАТ включен в **единый реестр Российских программ**



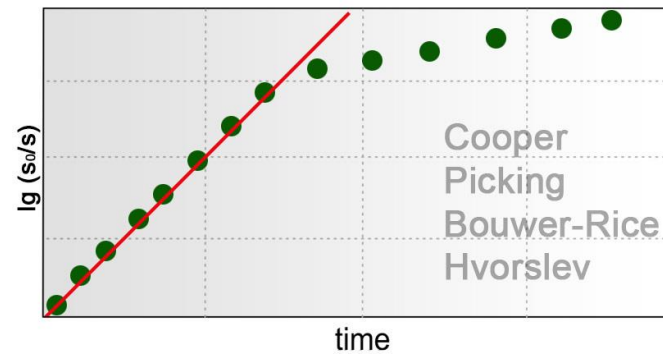
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ОПЫТНО-ФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАБОТ

ИЗУЧЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВОДОНОСНЫХ ПЛАСТОВ

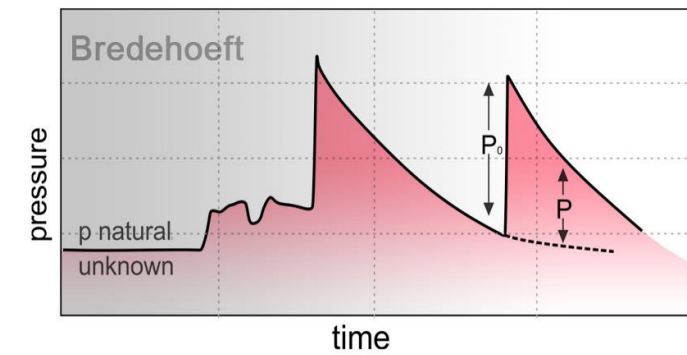
Классические откачки



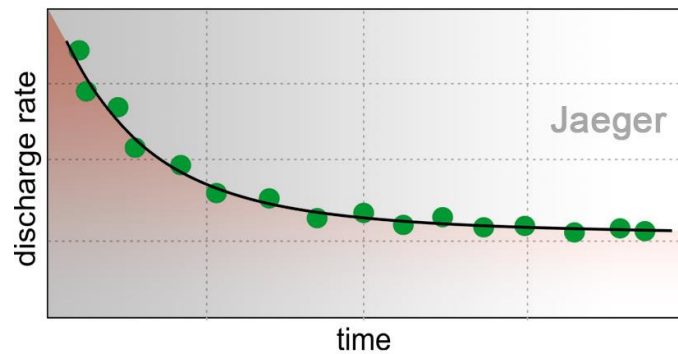
Экспресс-откачки



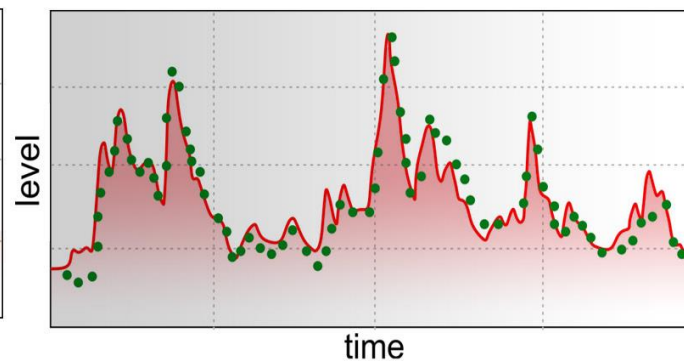
Нагнетания



С постоянным уровнем



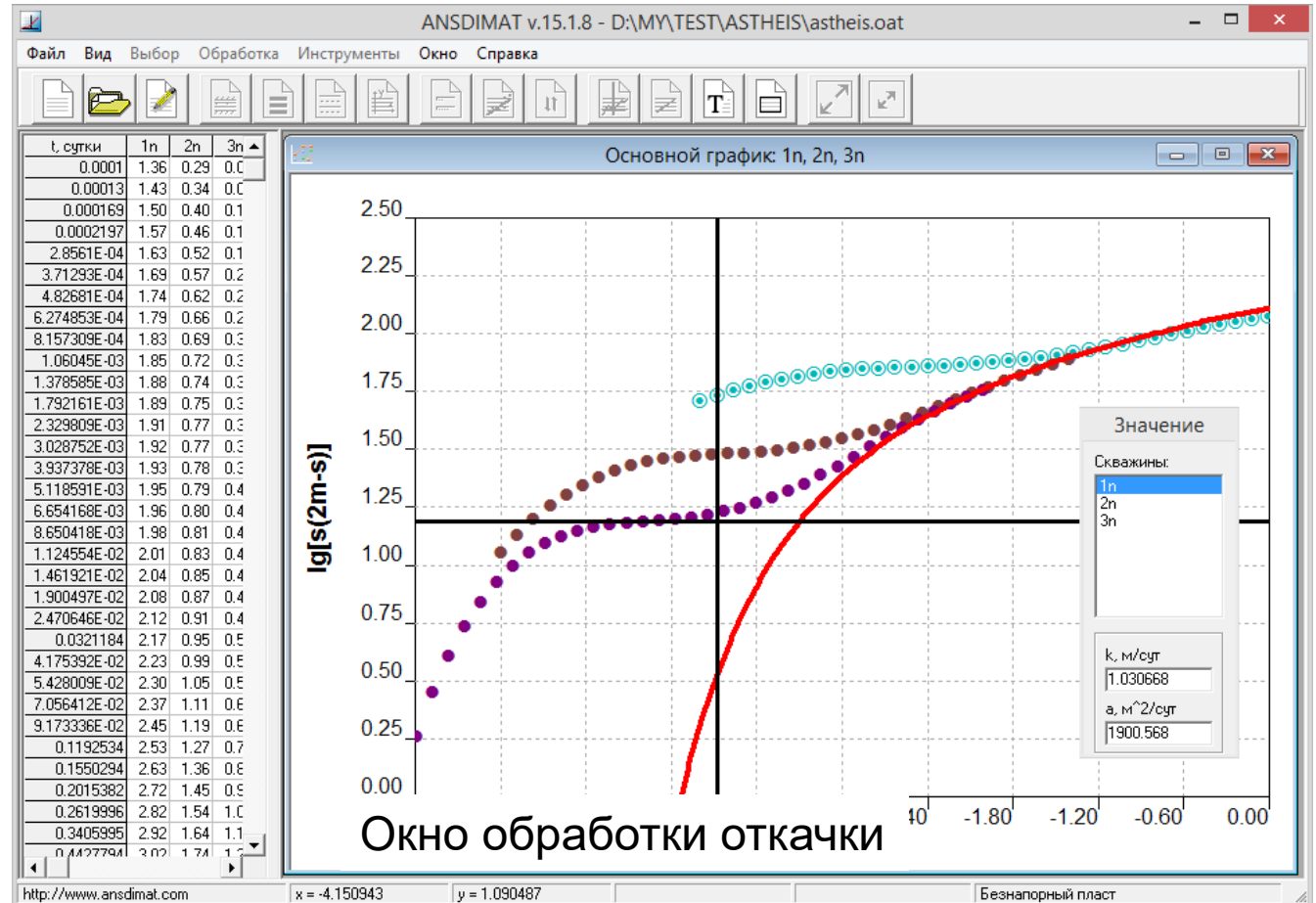
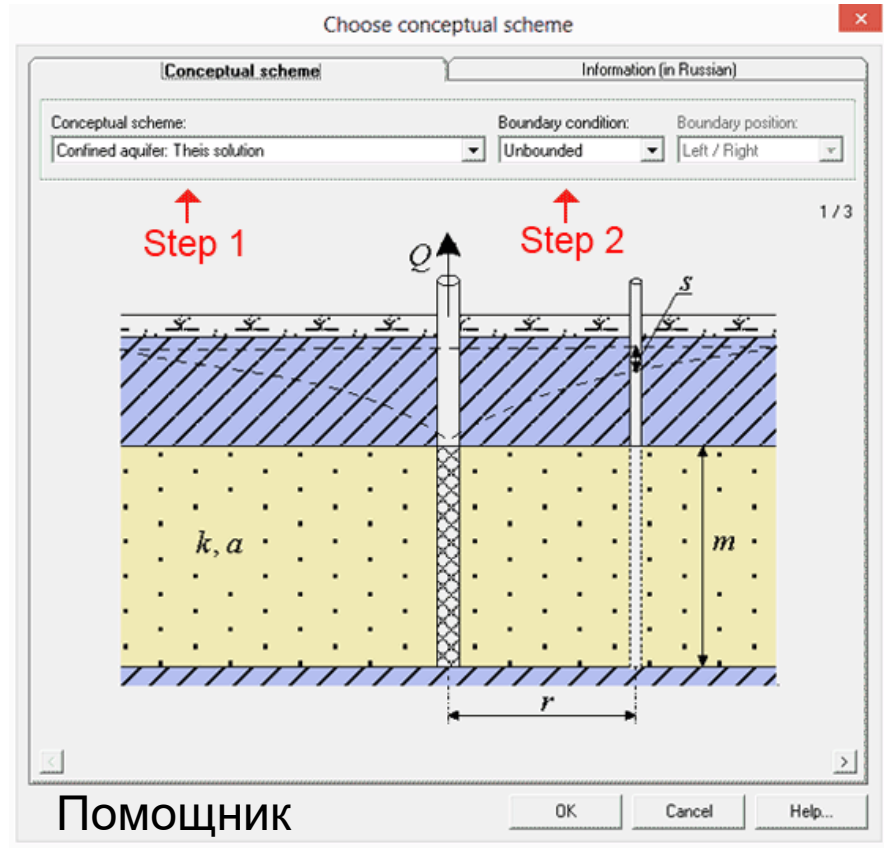
Обработка мониторинга



В программу интегрировано:

- Несколько тысяч аналитических решений;
- Все известные способы обработки откачек;
- Авторские решения и методики.

Обработка откачки/нагнетания из скважины



В программу встроен помощник для заполнения журнала откачки, удобный интерфейс позволяет подходить гибко к интерпретации откачки.

Автоматическое формирование отчета по результатам обработки

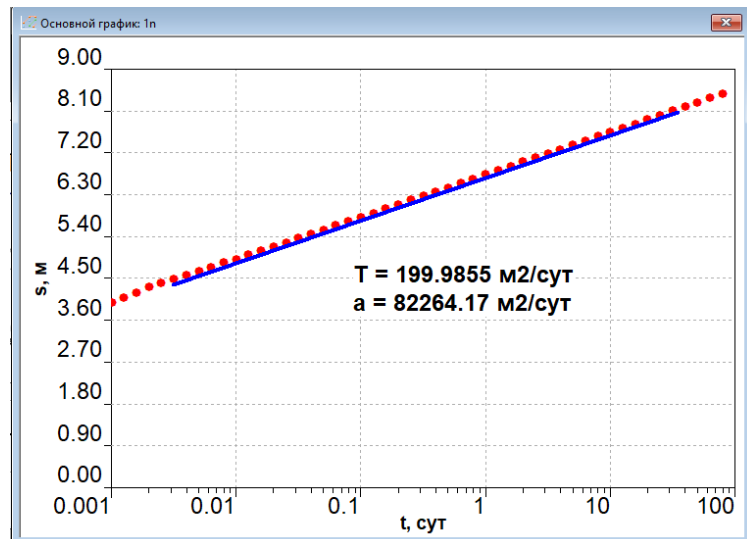
Отчеты формируются в MS Word, Excel



В отчете содержатся:

- все исходные данные (время, понижения, расходы, конструкция скважин);
- схема расчета (картинка, формулы, ссылка на решение);
- результаты интерпретации (графика, значения параметров);
- список литературы.

Обработка в программе



Отчет в MS Word

Таблица 1

Параметр	Значение
Диаметр скважины, мм	79.432910
Расстояние от скважины до наблюдательной скважины, м	10000
Мощность водоносного пласта, м	20
Расстояние от наблюдательной до скважины, м	0.01

Таблица 2

Данные измерения расхода, м³/сут	Таблица 3
0.0001	0.00
0.001260	4.10
0.001580	4.20
0.0020	4.30
0.002510	4.40
0.003160	4.50
0.003980	4.59
0.005010	4.67
0.006310	4.76
0.007940	4.85
0.01	4.93
0.012580	5.02
0.015850	5.11
0.019950	5.20
0.025120	5.29
0.031620	5.38
0.039810	5.47
0.050110	5.56
0.063100	5.65
0.079430	5.74
0.10	5.83
0.125890	5.92
0.158490	6.01
0.199530	6.10
0.251190	6.20
0.316230	6.29
0.398100	6.38
0.501180	6.47
0.630960	6.56
0.794330	6.65
1.0	6.74
1.258930	6.84
1.584890	6.93
1.995260	7.02
2.511880	7.11
3.162280	7.20
3.981070	7.29
5.011870	7.38
6.309570	7.47
7.943280	7.56
10.000000	7.65
12.589250	7.74
15.848930	7.83
19.952620	7.92

Таблица 4

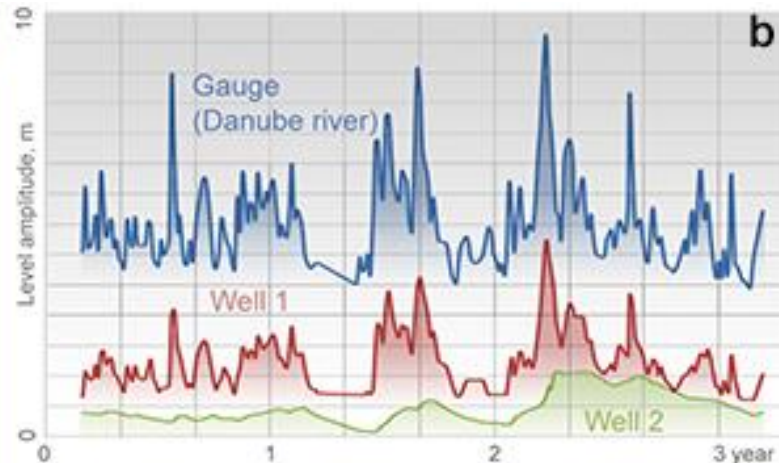
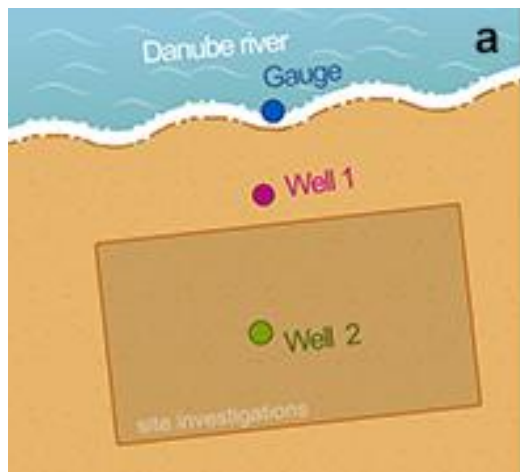
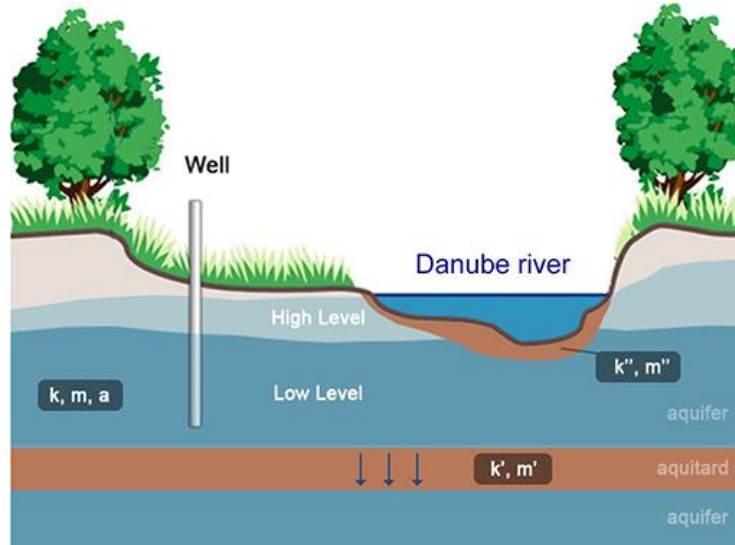
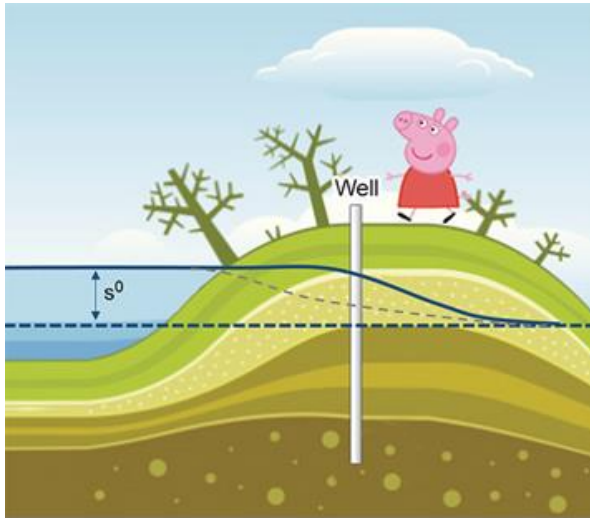
Параметр	Значение
Проницаемость, $T, м^2/сут$	199.9855
Коэффициент пористости, μ , %	82264.17
Угловой коэффициент прямой линии, C, \circ	0.01633370
Половина, которую откладывает прямая линия на ось времени, $\Delta t, сут$	8.657990

Таблица 5

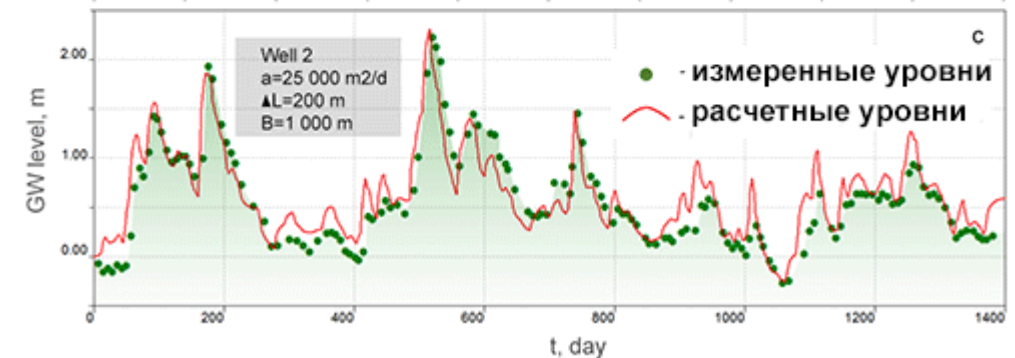
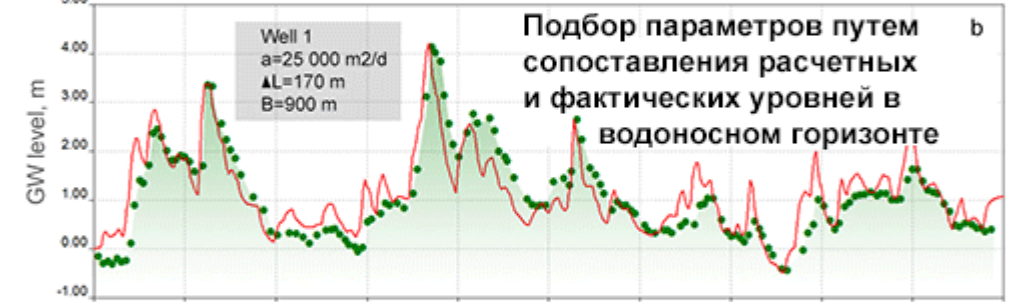
Параметр	Значение
Проницаемость, $T, м^2/сут$	199.9855
Коэффициент пористости, μ , %	82264.17
Угловой коэффициент прямой линии, C, \circ	0.01633370
Половина, которую откладывает прямая линия на ось времени, $\Delta t, сут$	8.657990

Ноу-хау в АНСДИМАТ (много)

Использование режимных наблюдений за уровнями воды для определения фильтрационных параметров водоносных пластов.



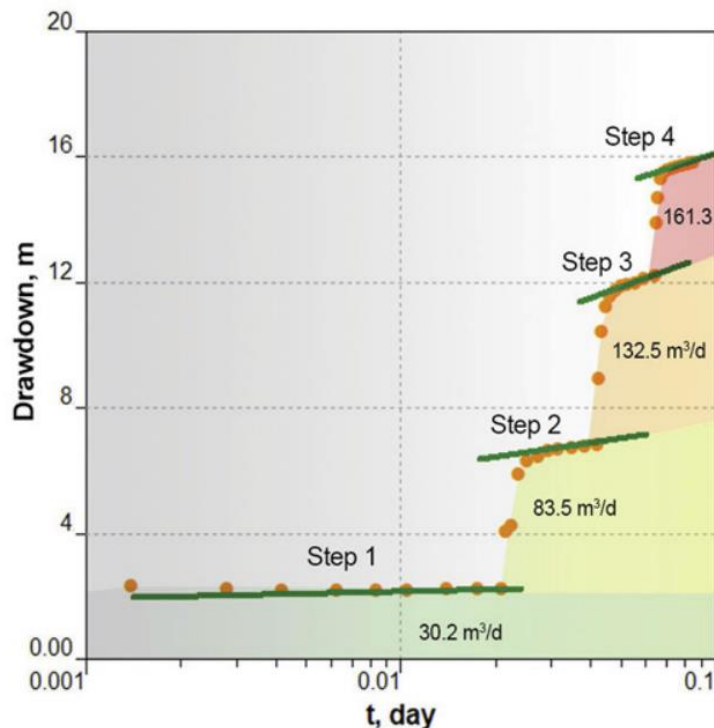
Результаты обработки данных мониторинга



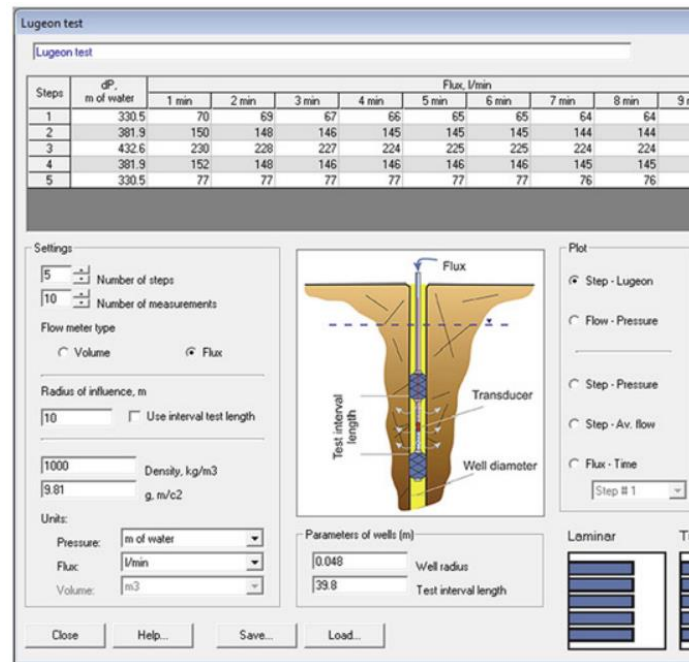
Современные тренды и интеграция с оборудованием

В АНСДИМАТ интегрированы современные методы проведения опробований и методики интерпретации, проведена интеграция с гидрогеологическим оборудованием.

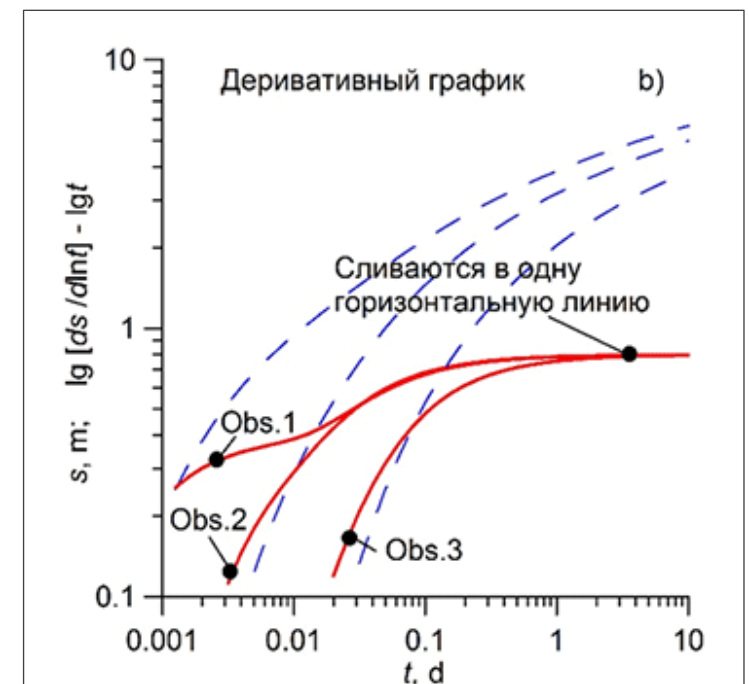
Оценка эффективности скважин (степ-тесты)



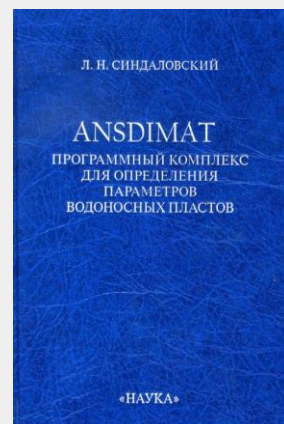
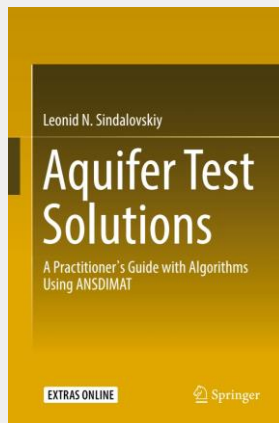
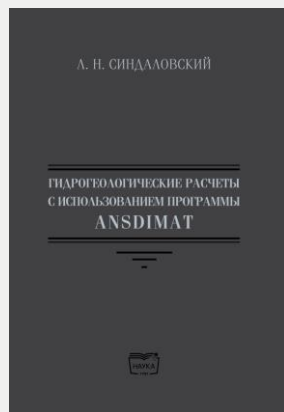
Пакерные опробования (Люжон)



Деривативный анализ (интерпретация)



**СПРАВКА,
УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ,
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ**



[Скачать книги](#)

www.ansdimat.com Гидрогеологические условия		Графики			Индикаторные признаки
		s - lg t	derivativ*	другие	
		a	b	c	
1	Напорный пласт			—	1a – прямолинейный участок 1b – горизонтальная асимптота
2	Влияние емкости скважины			—	2a – задержка в изменении уровня 2b – экстремум на начальном участке
3	Полная кольматация фильтра	—	—		3c – линейная зависимость понижения от времени
4	Откачка около непроницаемой границы			—	4a – два прямолинейных участка, углы наклона отличаются в 2 раза ** 4b – два горизонтальных участка, индикаторные кривые по второму участку совпадают для всех скважин
5	Пласт-полоса с непроницаемыми границами				5a – отсутствие прямолинейных участков 5b – единый прямолинейный участок для всех скважин 5c – прямая линия
6	Откачка около реки			—	6a,7a – горизонтальная асимптота
7	Перетекание с постоянным уровнем в смежном пласте			—	6b – асимметричная форма кривых, нисходящие ветви графиков идут параллельно 7b – симметричная форма кривых, нисходящие ветви графиков совпадают
8	Безнапорный пласт			—	8a – три выраженных участка, близкий наклон начального и конечного участков 8b – точка минимума на ранних этапах откачки
9	Перетекание с изменяющимся уровнем в смежном пласте			—	9a – три выраженных участка, наклон последнего участка меньше первого 9b – точка минимума на поздних этапах откачки, два горизонтальных участка, второй участок расположен ниже первого

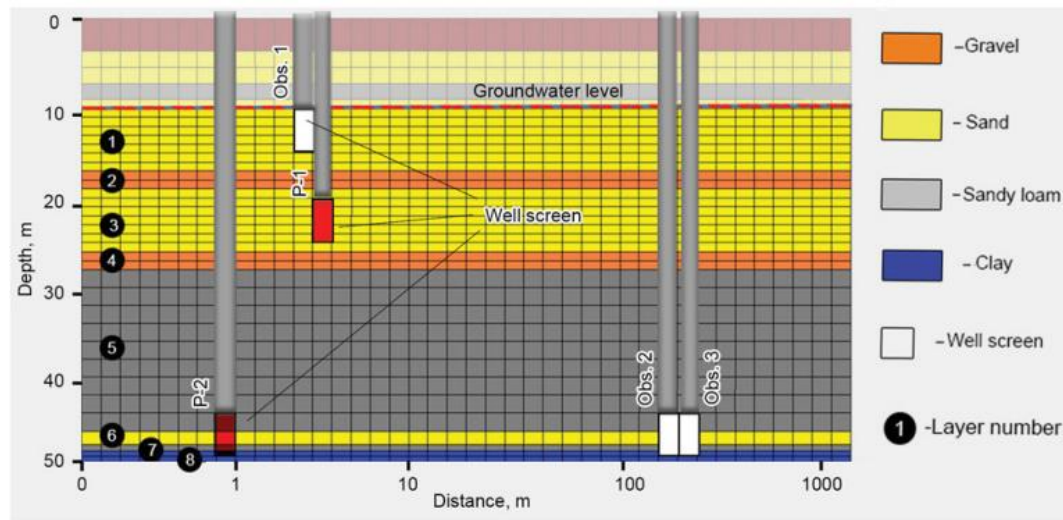
* деривативный анализ на билогарифмическом графике $\lg [ds/d\ln t] - \lg t$,

** наличие первого участка зависит от положения скважины относительно границы

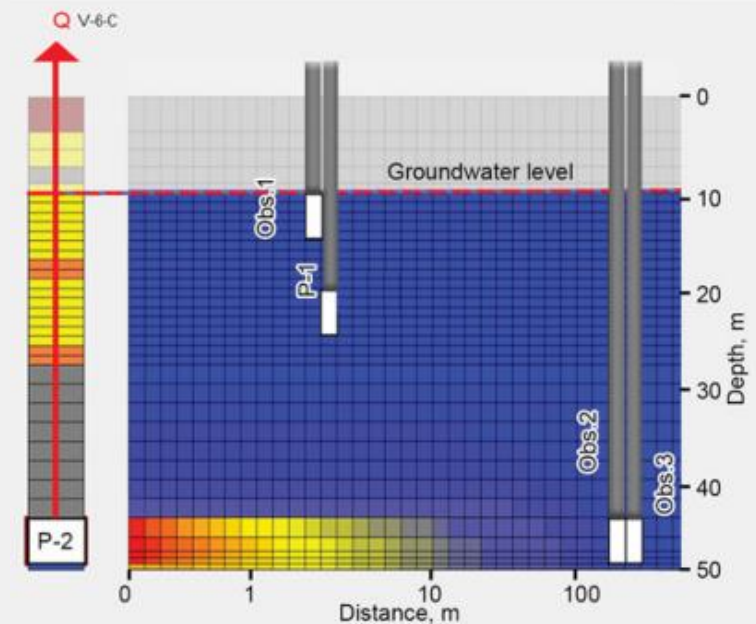
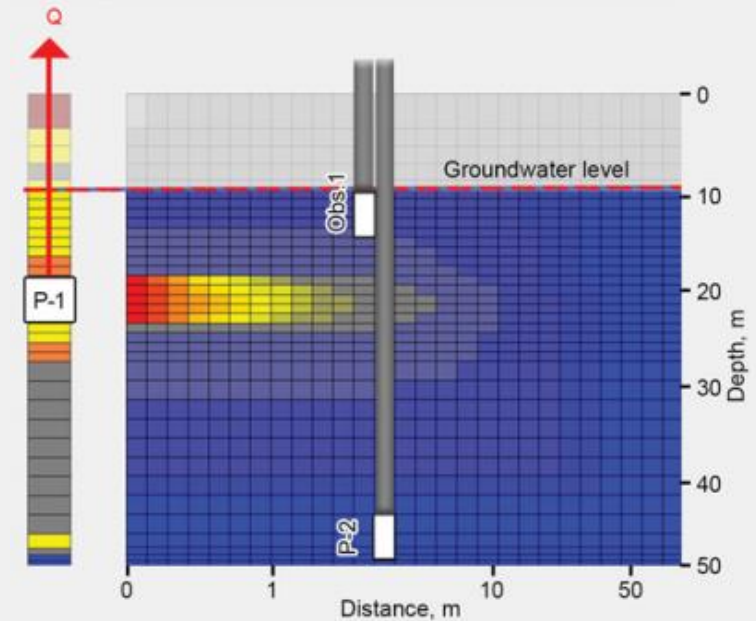
Численное моделирование водозаборов

Применяется в тех случаях, когда нет возможности схематизировать гидрогеологические условия до типовых.

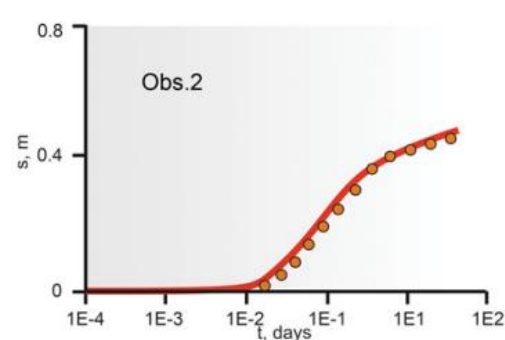
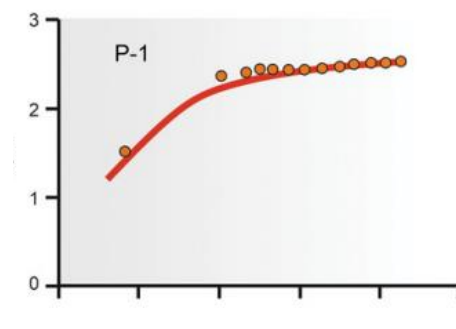
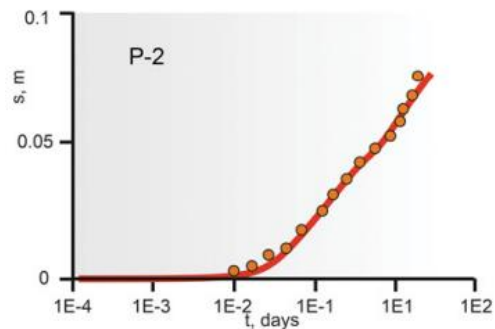
Слоистая толща с фильтрами скважин на разные интервалы



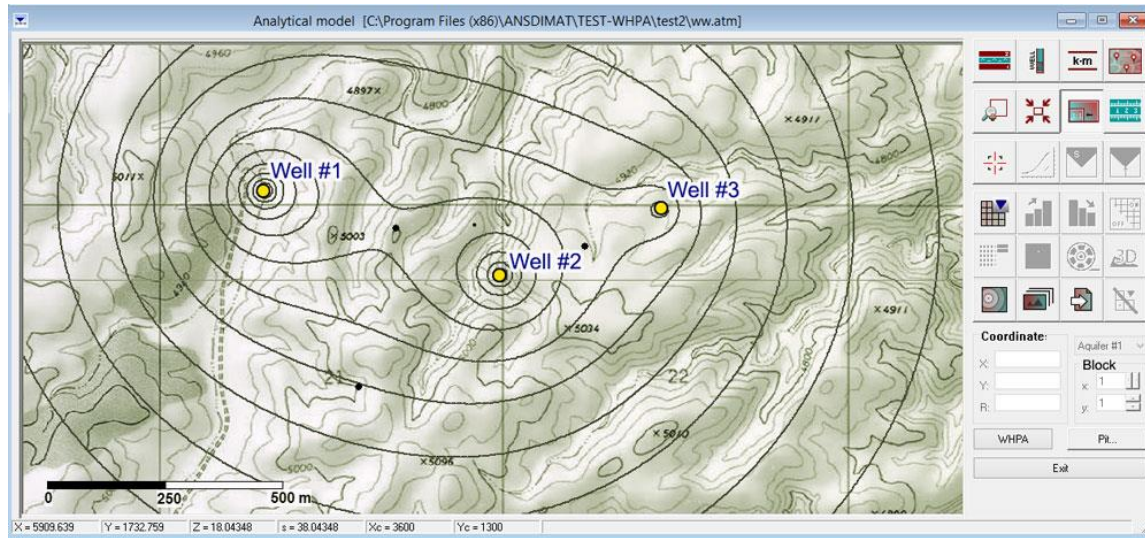
Распространение возмущения в пласте



Расчетные понижения в скважинах



Аналитическое моделирование скважинных систем, оценка запасов ПВ



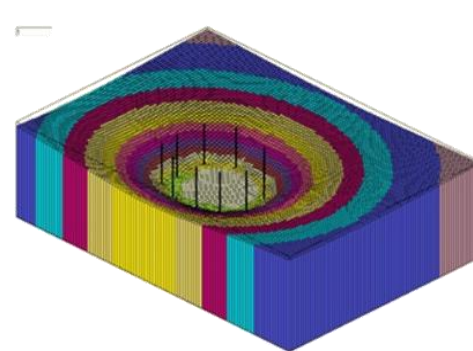
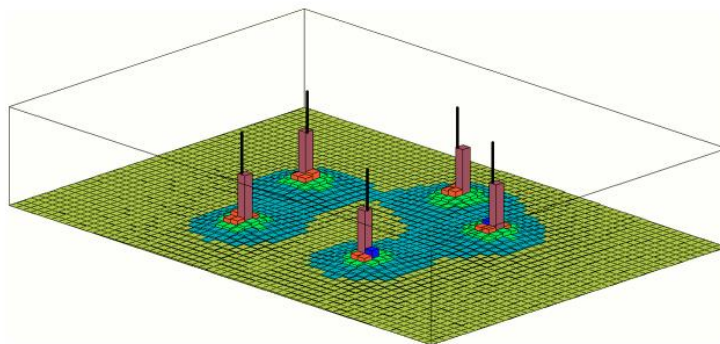
Смоделировать работу скважин – легко!

Этапы:

- 1 Выбираем тип водоносного горизонта (напорный/безнапорный)
- 2 Выбираем границы (река, барьер ...)
- 3 Задаем скважины и их расход
- 4 Указываем фильтрационные параметры
- 5 Получаем понижение во времени

Нагнетание

Откачка

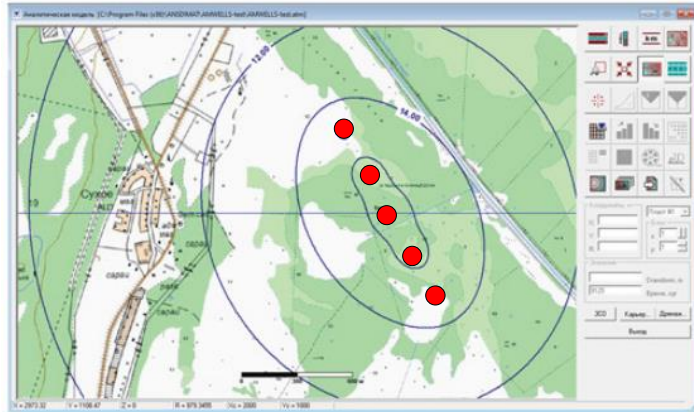


Достоинства аналитической модели:

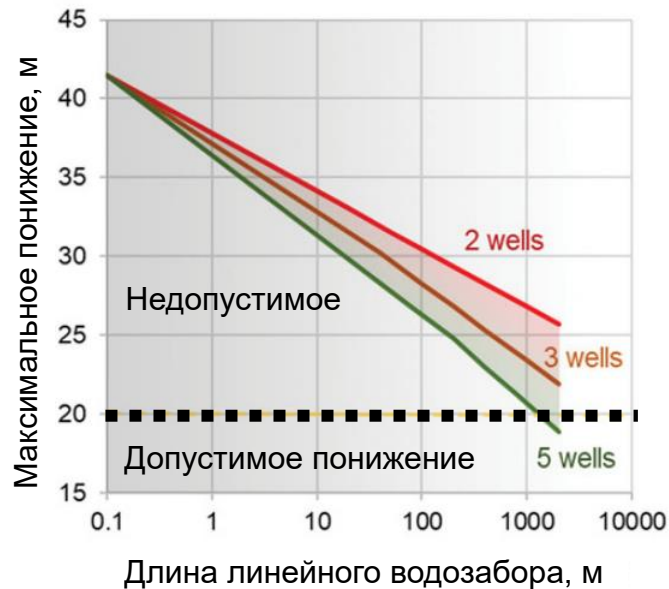
- Учет работы системы взаимодействующих скважин с переменной производительностью
- Поддержание постоянного давления в скважинах
- Расчеты вертикальных, наклонных и горизонтальных скважин

Оптимизация расположения скважин группового водозабора ПВ

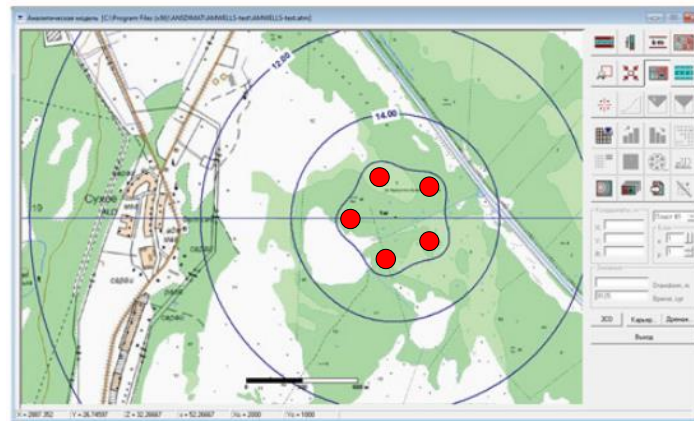
Линейный ряд скважин



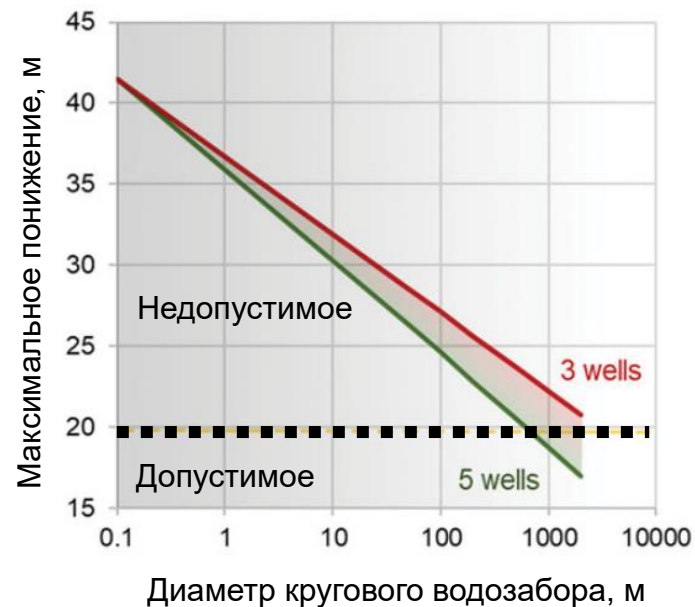
Расчетное понижение на 25 лет



Круговой водозабор



Расчетное понижение на 25 лет



Заявленная водопотребность для завода $2000 \text{ м}^3/\text{сут}$.

$m = 50 \text{ м}$;
 $k = 2 \text{ м/сут}$;
 $S = 0.001$.

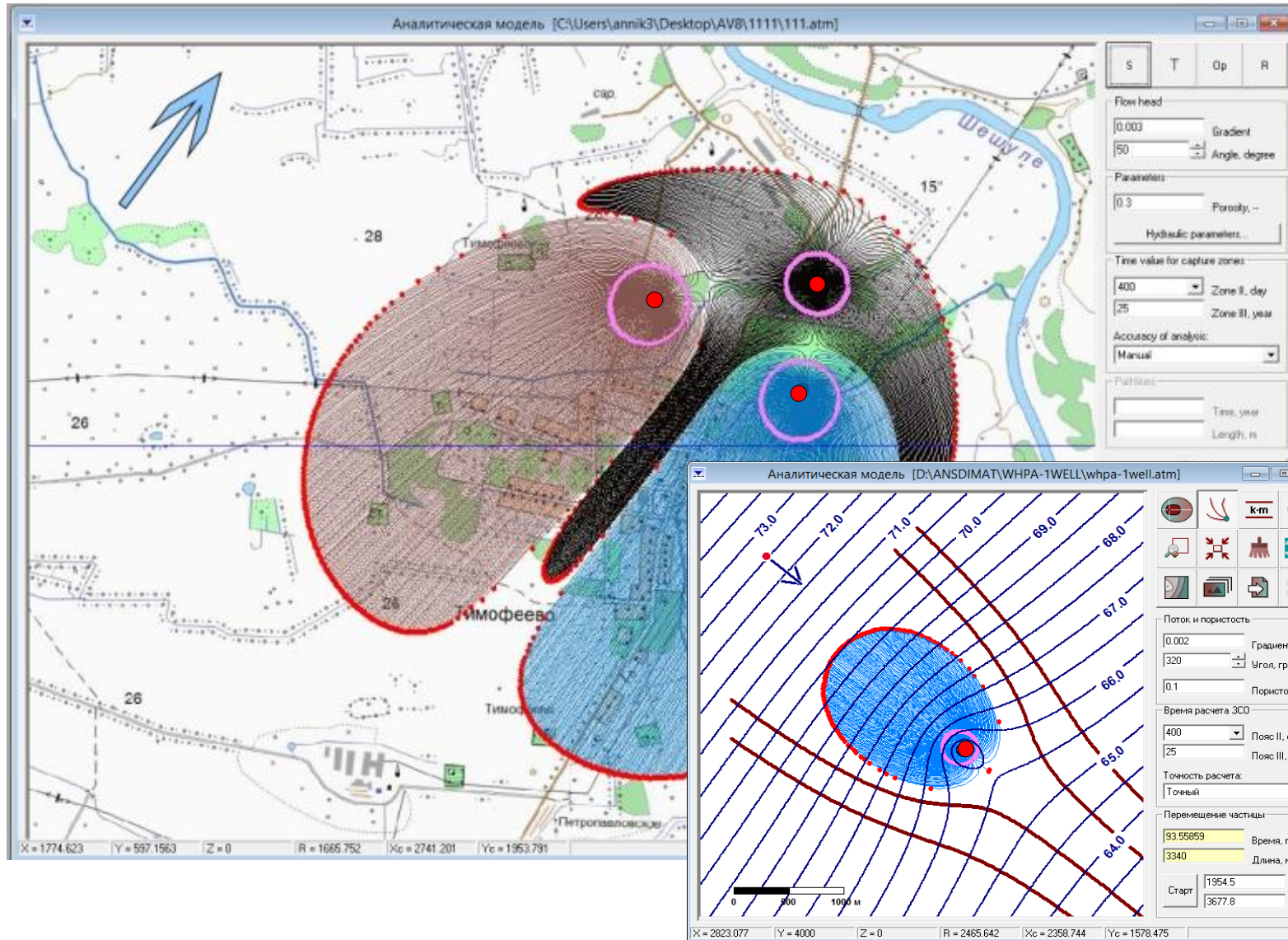
Допустимое понижение 20 м .

Необходимо запроектировать конструкцию группового водозабора, чтобы были обеспечены запасы подземных вод.

Была рассмотрена линейная и круговая компоновка водозаборов.

Рассчитано оптимальное количество и расстояние между скважинами.

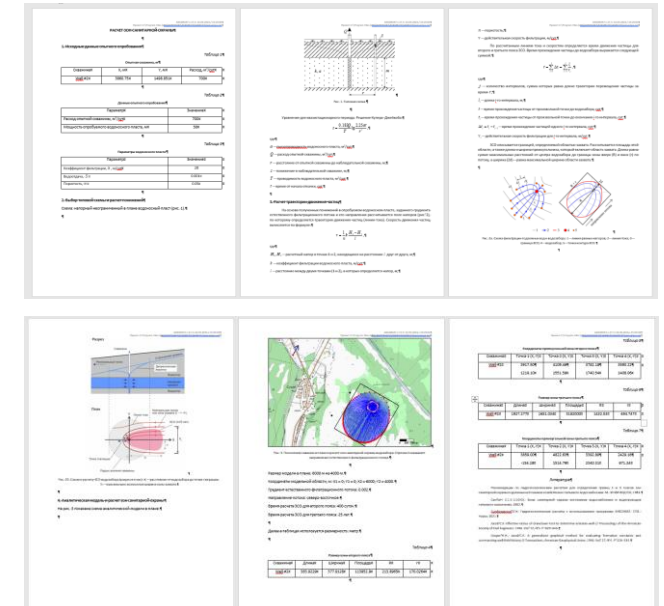
Расчет зон санитарной охраны подземных водозаборов



Основные преимущества:

- Загрузка подложки в виде карт;
- Учет плановых границ потока;
- Учет взаимовлияния скважин;
- Автоматическое формирование отчета;
- Расчет поворотных точек.

Пример отчета



“Легализация” расчетов ЗСО на программе в Роспотребнадзоре

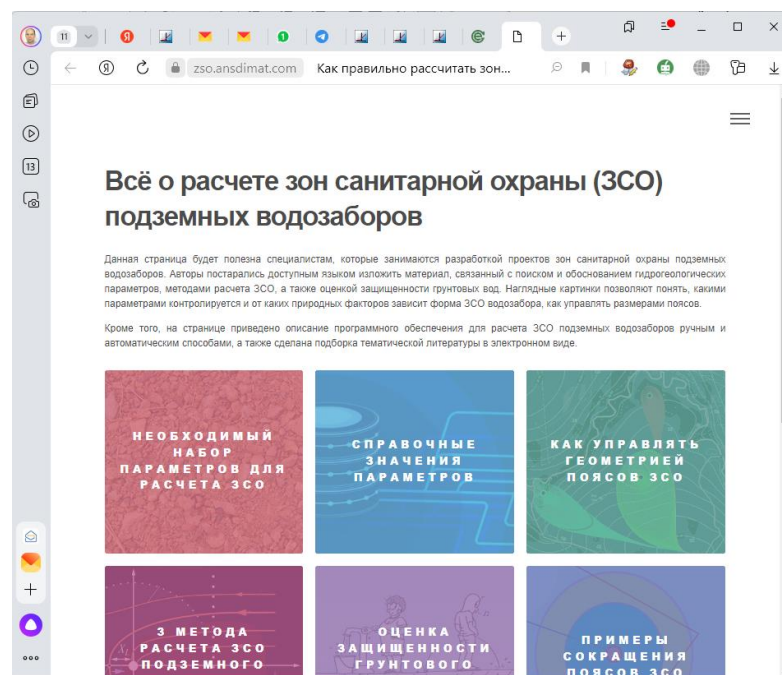
1. Проведено кросс-тестирование программы с другим ПО и с рекомендациями ВОДГЕО.
2. Получено положительное экспертное заключение НИИ ЭЧ и ГОС Министерства здравоохранения РФ
3. Курсы повышения квалификации для проектировщиков и для санитарных врачей

Издана монография
(2022 г)



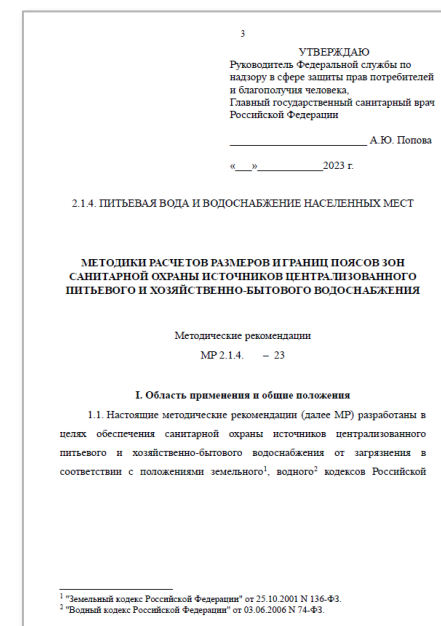
[Скачать книгу](#)

Создан образовательный
Портал по расчету ЗСО (2023 г)



<https://zso.ansdimat.com/>

Подготовлены методические
рекомендации МР 2.1.4 *** - 23



Методики расчетов размеров и границ поясов зон санитарной охраны источников централизованного питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения

Оценка водопритоков в карьеры и котлованы

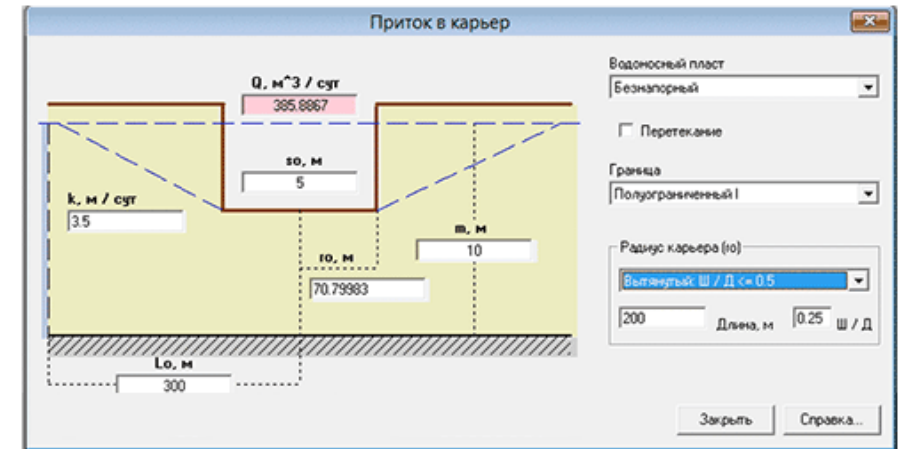
От простых строительных котлованов до больших карьеров сложной формы.

Современный тренд: время принятия решений при эксплуатации карьеров и строительстве котлованов меньше, чем время, необходимое для расчетов на сложной численной модели. Поэтому крупные компании постепенно отказываются от работы с численными моделями, внедряя более простые решения.

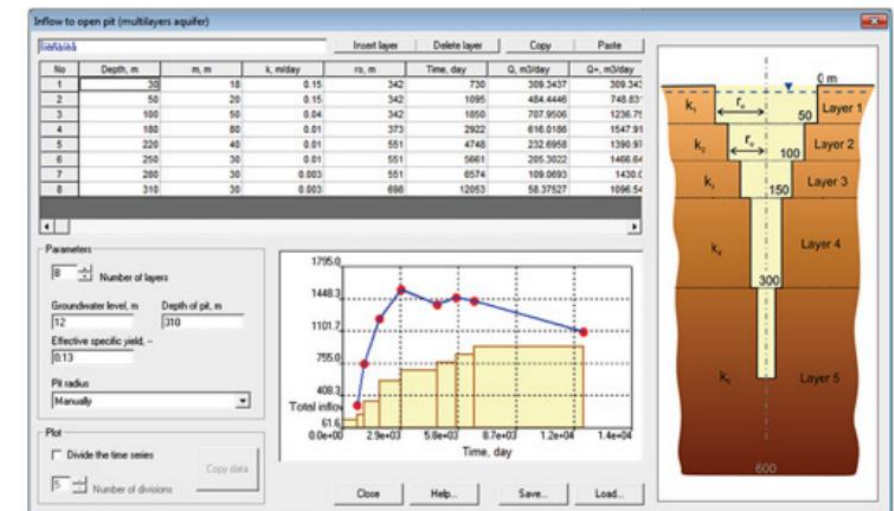
Особенности:

- учитывает требования нормативных документов (СП);
- возможность учесть тип водоносного горизонта, плановые границы потока, сложную форму карьера, инфильтрацию ...;
- формирует автоматический отчет по результатам расчета.

Приток в строительный котлован

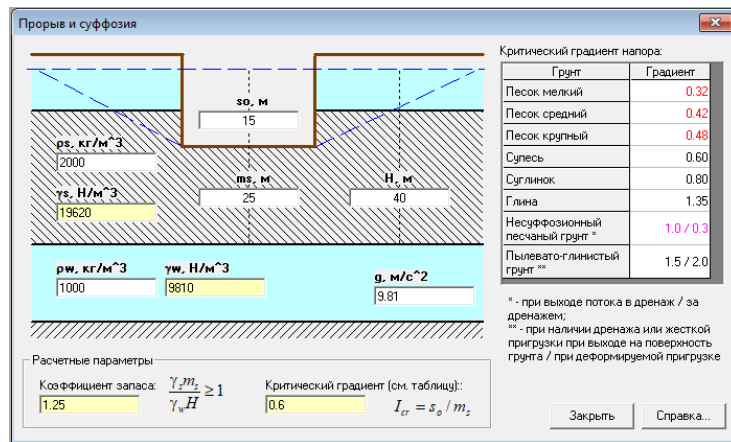


Приток в карьер с затухающим профилем проницаемости по глубине



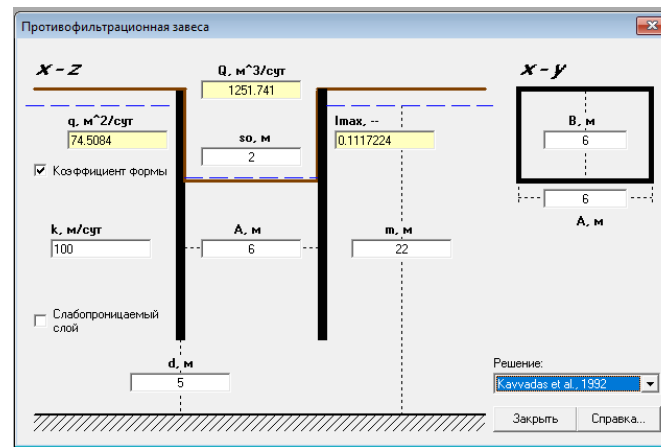
Сопутствующие инженерные расчеты при водопонижении из котлована

Геотехнические риски

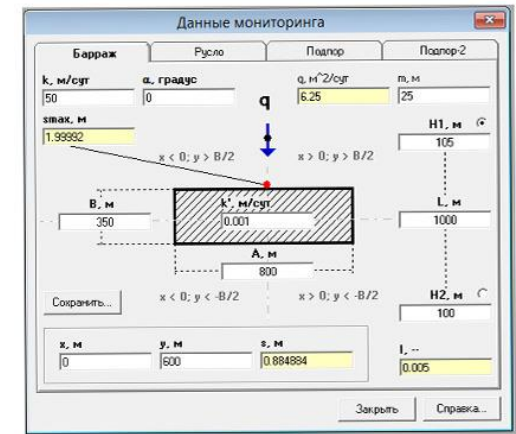


- Оценка риска прорыва дна котлована;
- Расчет фундаментов на всплытие;
- Оценка риска проявления суффозионных процессов при водопонижении.

Противофильтрационные завесы вокруг контура котлована



- Оценка эффективности несовершенной по степени вскрытия ПФЗ;
- Расчет допустимой глубины водопонижения (допустимых гидравлических градиентов).



- Расчет барражного эффекта при возведении ПФЗ.

Расчет притока дождевых вод в открытую горную выработку

Приток в карьер (атмосферные осадки)

Регион:
 Калининградская область
 Республика Калмыкия
 Калужская область
 Камчатский край
 Карачаево-Черкесская Республика
 Республика Карелия
 Кемеровская область
 Кировская область
 Республика Коми
 Костромская область
Краснодарский край
 Красноярский край
 Республика Крым
 Курганская область
 Курская область
 Ленинградская область

Населенный пункт: Сочи
 Красная Поляна
 Краснодар
 Приморско-Ахтарск
Сочи
 Тихорецк

Осадки, мм
 Теплый период: 848
 Холодный период: 804
 Максимум / сут: 245

Длительность, сут
 Теплый период: 365
 Снеготаяние: 14
 Дождь: 1

Территория
 Селитебные территории (таблица 1)
 Территории промышленных предприятий и производств (таблица 2)
 Задание типов поверхностей вручную

База данных: СП 131.13330.2020
 Количество поверхностей: 6

Тип поверхности	Площадь, %	Площадь, га	Коз.фициент
Кровли и асфальтобетонные покрытия	28.57143	60	0.65
Бульжные или щебёночные мостовые	9.523809	20	0.45
Кварталы города без дорожных покрытий, небольшие скверы, бульвары	23.80952	50	0.25
Газоны	5.714286	12	0.1
Кварталы с современной застройкой	9.047619	19	0.45
Средние города	11.90476	25	0.45
Небольшие города и посёлки	7.142857	15	0.35
Карьер	4.285714	9	1

Итого, %: 100

Коз.фициент стока талых вод: 0.5
 Коз.фициент выпадения дождя: 1

Площадь, га: 210
 Водосбор: 210
 Очистка от снега: 0

Итого, %: 100

Таблица для расчета притоков за счет кратковременных осадков:

Характеристика поверхности	Площадь, %	Площадь, га	Коз.фициент
Все грунтовые поверхности, кроме задернованных и открытых песчаных пород	86	180.6	0.15
Задернованные поверхности	12	25.2	0.09
Обнаженные в карьере поверхности песчаных пород	2	4.2	0.075

Приток, м³/сут
 Дождевые воды: 2224.548
 Талые воды: 60300
 Суточные (макс.): 72698.85

Объем, м³
 Дождевые воды: 811960
 Талые воды: 844200
 Суммарно: 1656160
 Суточные (макс.): 72698.85

Единицы измерения: км², м², га
 Задание площадей в процентах

Сохранить... Загрузить... Отчет
 Закрыть Справка...

Расчет по типам поверхности

- Кровли и асфальтобетонные покрытия
- Бульжные или щебёночные мостовые
- Кварталы города без дорожных покрытий, небольшие скверы, бульвары
- Газоны
- Кварталы с современной застройкой
- Средние города
- Небольшие города и посёлки
- Карьер

Площадь поверхности: [выпадающий список]

№	Цвет	F, га
1	Красный	60
2	Фиолетовый	20
3	Синий	50
4	Синий	12
5	Синий	19
6	Синий	25
7	Синий	15
8	Синий	9

Оцениваются:

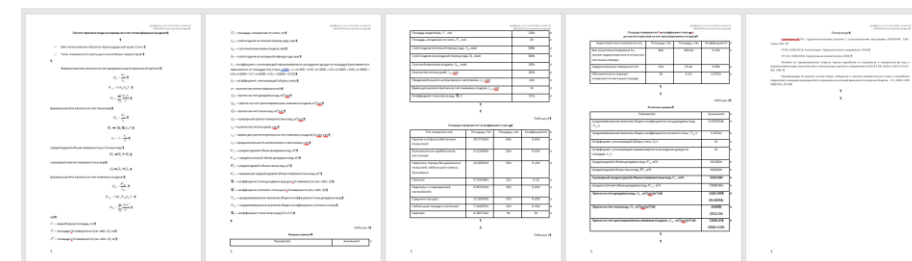
- средние притоки дождевых и талых вод;
- максимальные суточные притоки (ливневый сток).

В программе встроена климатическая база по всей России;

Расчеты проводятся в соответствии с МР и СП.

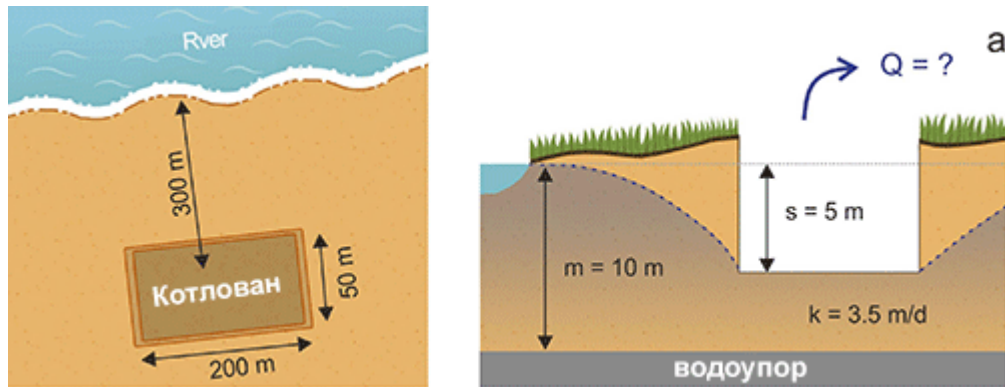
Формируется автоматический отчет.

Отчет по результатам расчета



Расчет скважинных дренажей

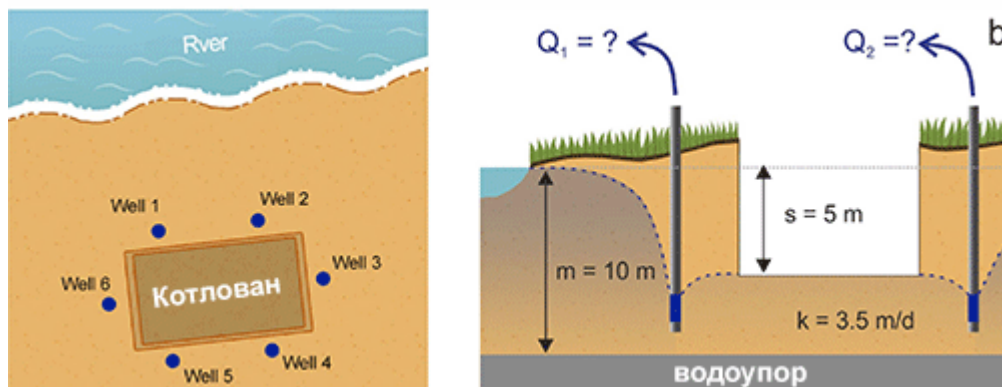
Метод 1: Дренаж котлована зумпфом



Задача дренажных скважин – перехватить поток подземных вод и оставить борта сухими.

Программа позволяет подобрать оптимальное расположение и количество дренажных скважин для поддержания целевых отметок внутри котлована / карьера.

Метод 2: Дренаж котлована скважинами



Расчет скважинного дренажа производится аналитическим методом. Усчитывается взаимовлияние скважин и нестационарность.

Применимо для классического скважинного дренажа и иглофильтров.

Осушение котлована дренажными скважинами

Затопление строительного котлована грунтовыми водами

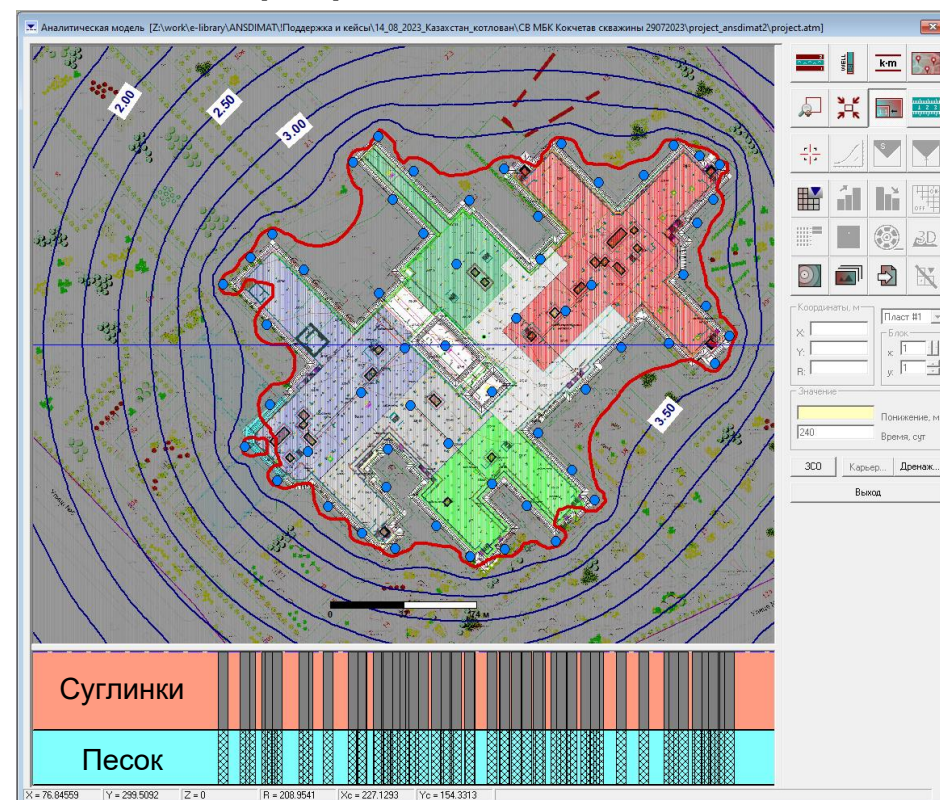


Двухслойная толща (10 м суглинков сверху и 7 м песков снизу) залегает на территории строительной площадки. Уровни грунтовых вод установились близко к поверхности земли. При вскрытии котлована появилась вода. Строительная техника начала тонуть...

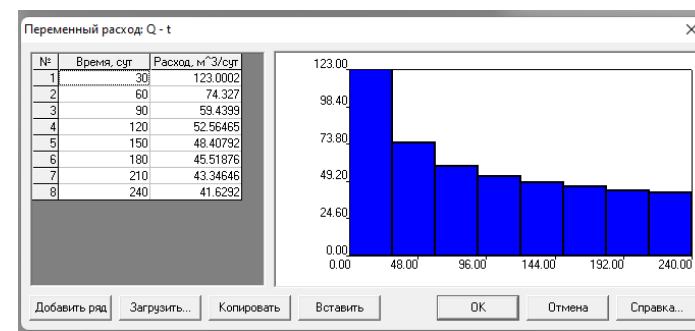
Для осушения котлована необходимо рассчитать систему скважинного дренажа. Чтобы осушить толщу суглинков было предложено оборудовать скважины фильтрами на нижний слой песков. Снижение уровней в песках постепенно с дренирует воду в верхних суглинках.

Для расчета была выбрана схема двухслойного пласта. Было оценено, что для осушения котлована на 3,75 м необходимо оборудовать 58 дренажных скважин. Расход каждой скважины будет варьировать от 150 до 40 м³/сут на разных этапах обработки.

Карта расчетных понижений

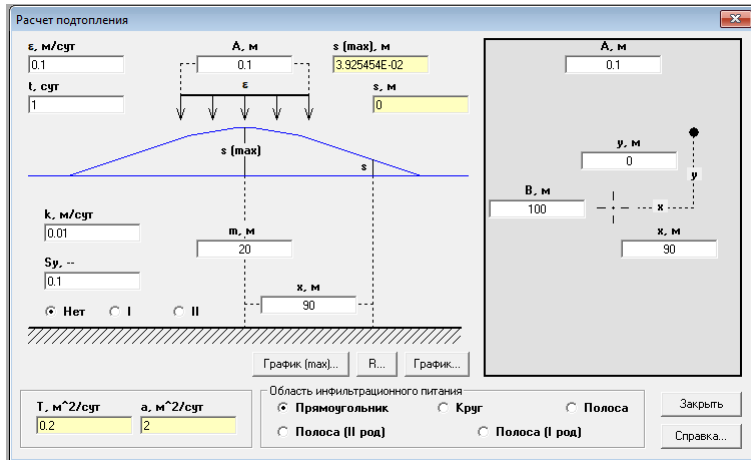


Расходы дренажных скважин

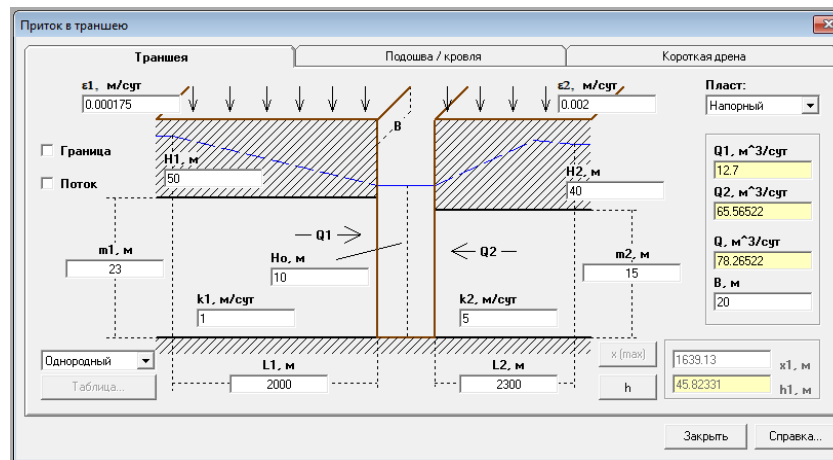


Калькулятор гидрогеолога

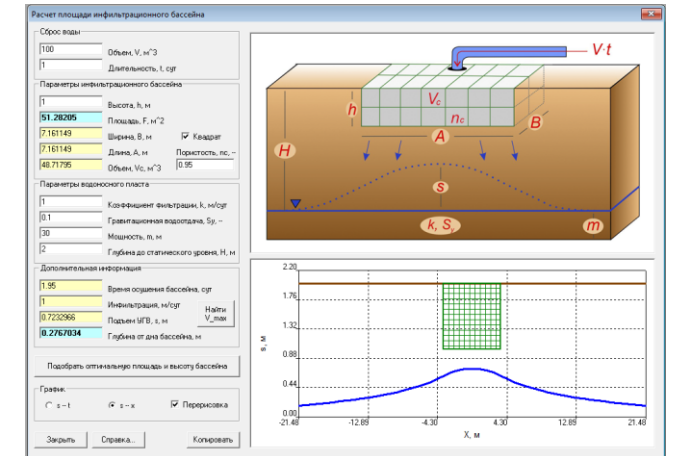
Купола растекания от техногенных утечек



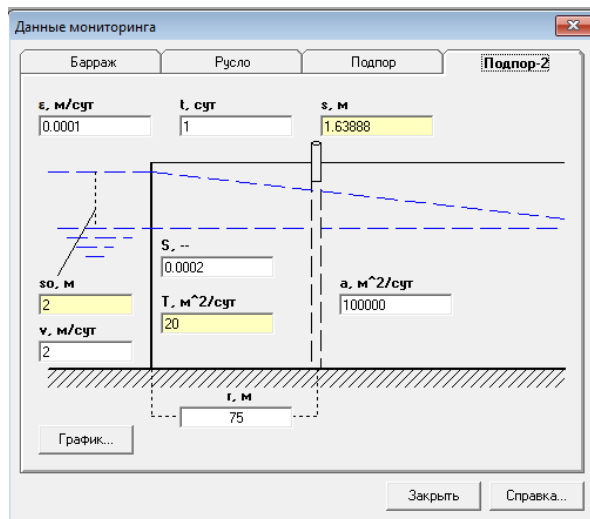
Притоки в траншею



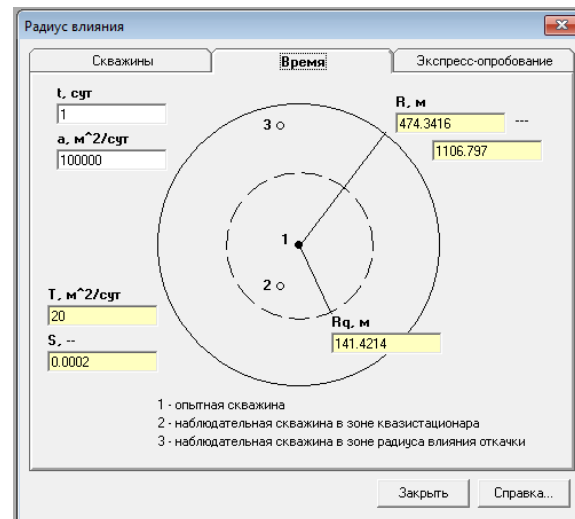
Расчет поглощения инфильтрационным бассейном



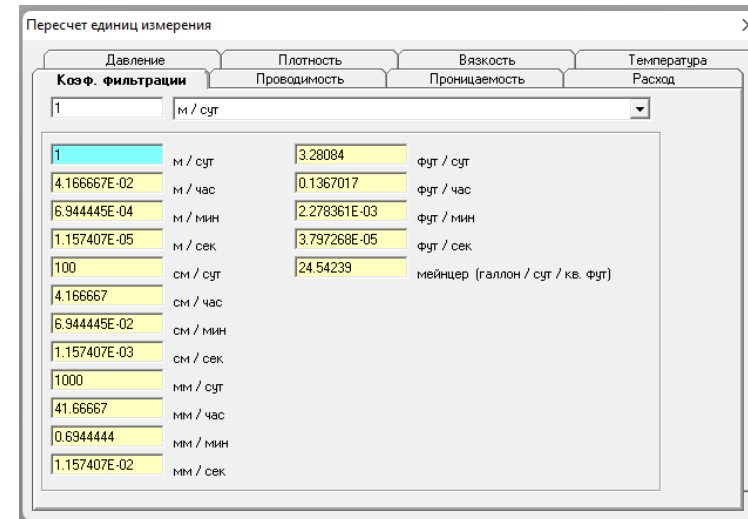
Задачи подпора



Расчет радиуса влияния



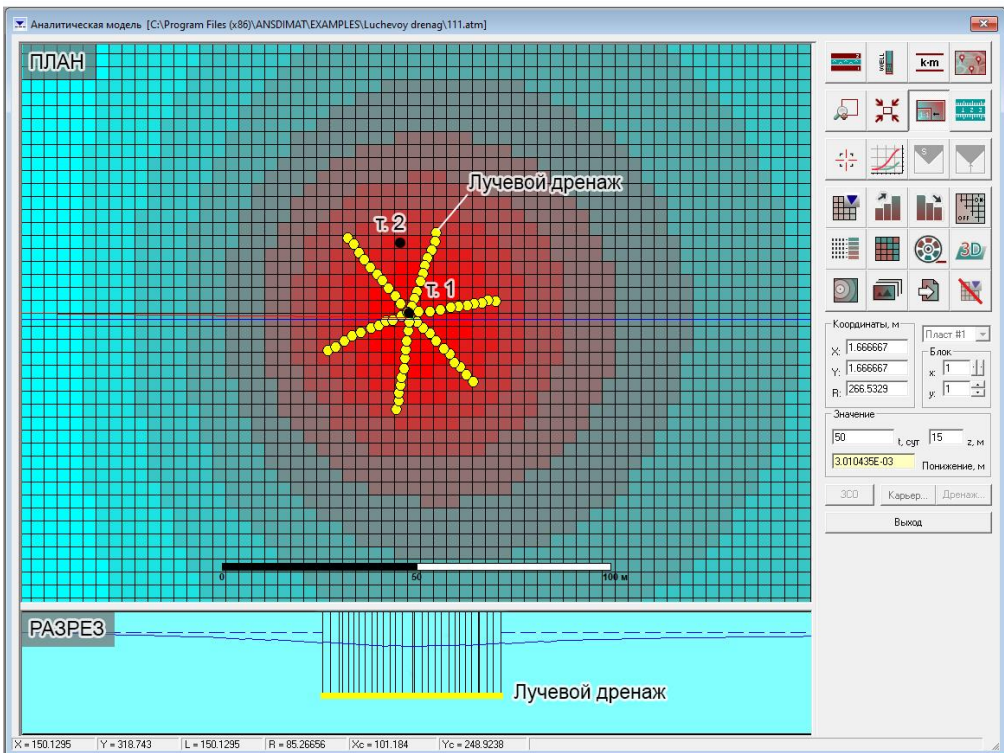
Пересчет единиц измерения, координат



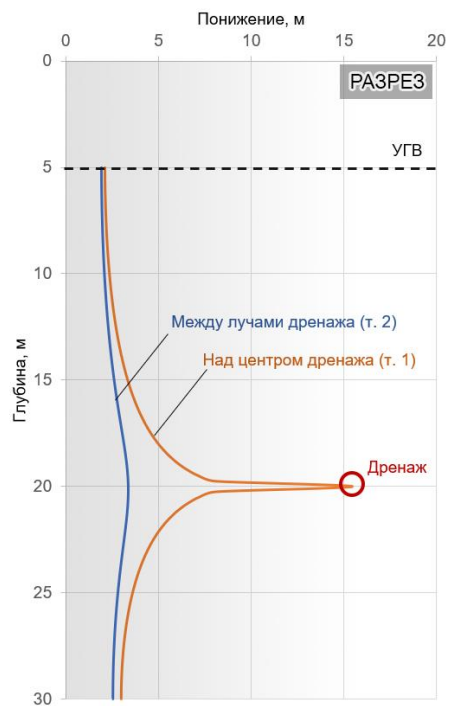
И
МНОГОЕ
ДРУГОЕ
...

Притоки в подземные выработки (шахта, дренаж)

Конфигурация лучевого дренажа (6 лучей)



Распределение понижений по глубине

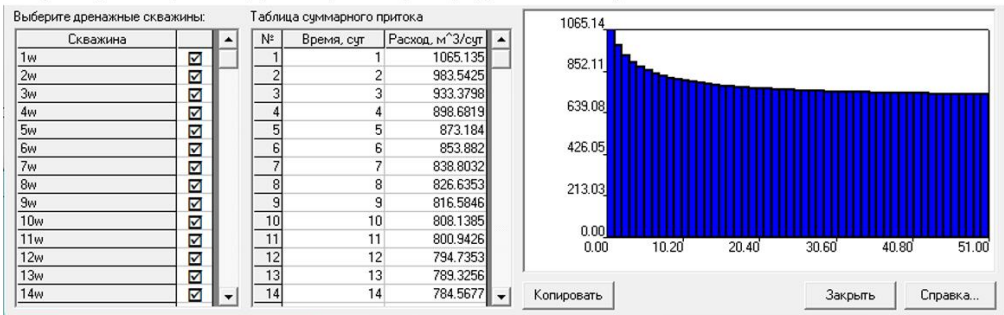


Расчет притоков и понижений уровня воды для:

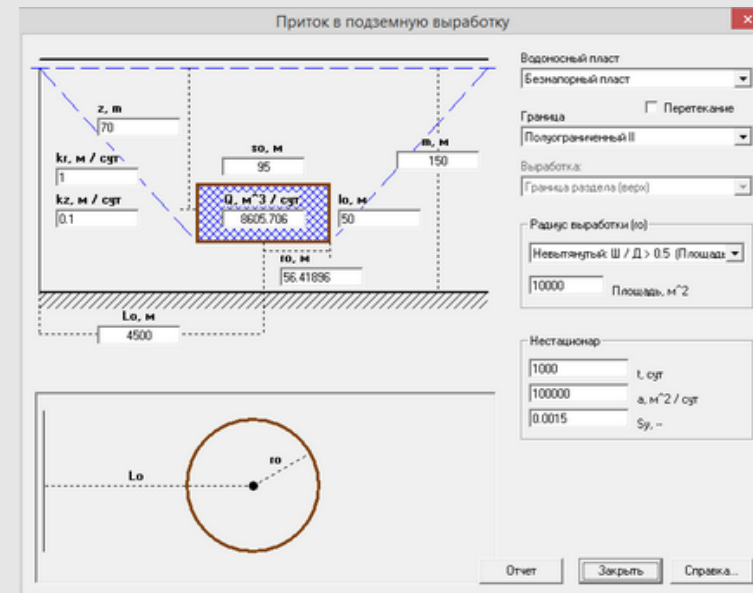
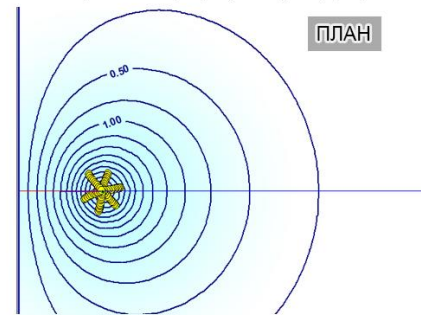
1. Дренажей
линейных
пластовых
лучевых

2. Шахта

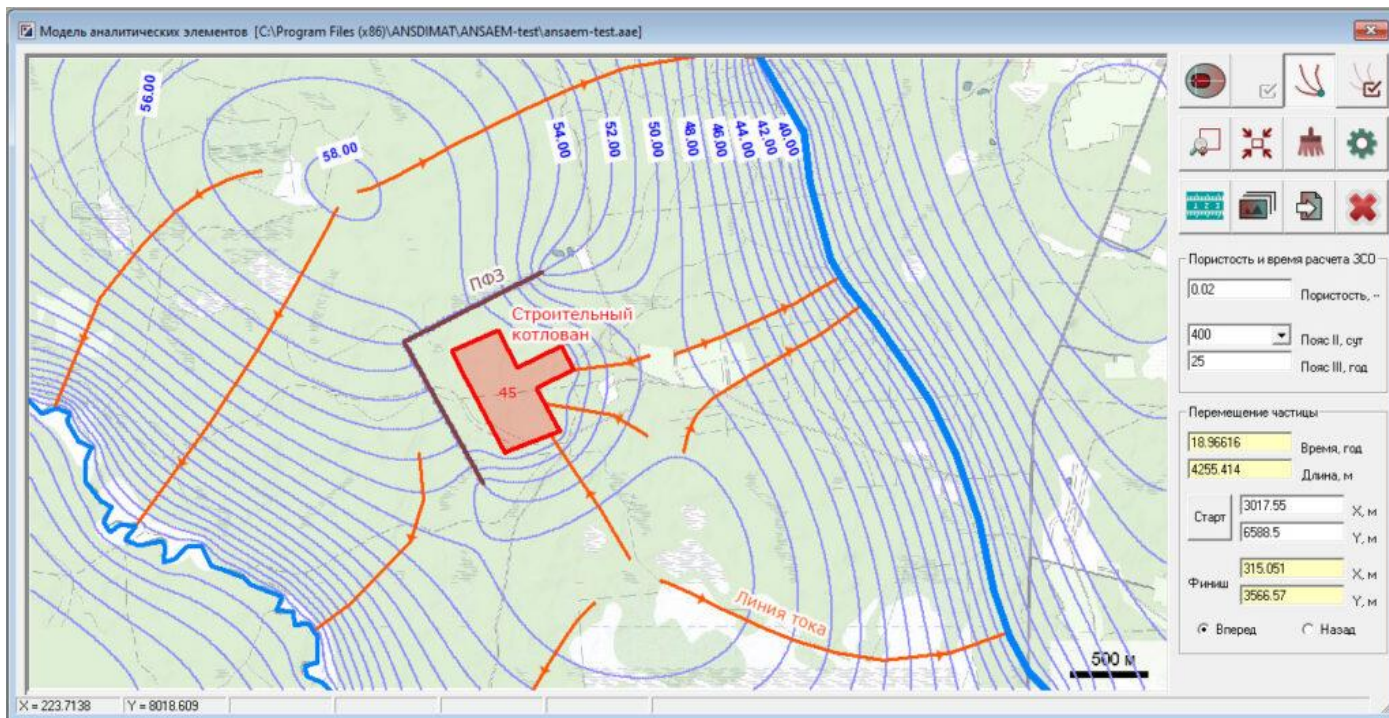
Суммарный приток к дренажу и его распределение по лучам



Влияние реки на форму конуса депрессии



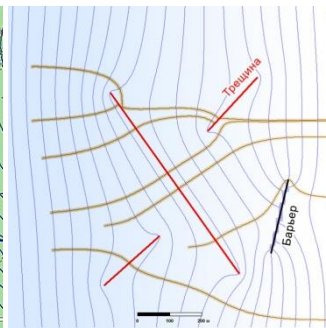
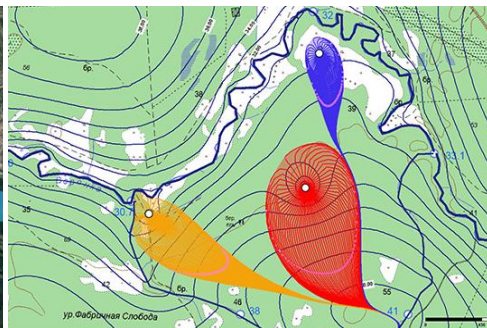
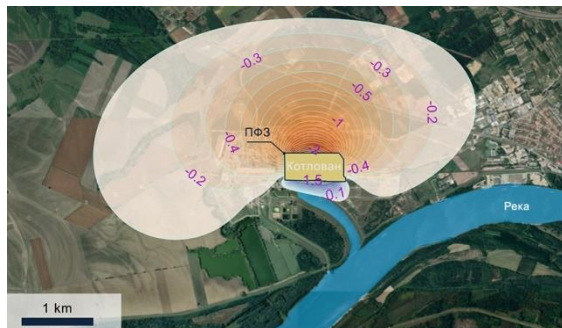
Гидрогеологическое моделирование на аналитических элементах



Модуль для гидрогеологического моделирования, в основе которого лежит метод аналитических элементов. Он позволяет в стационарной постановке рассчитать сетку движения подземных вод для однослойного напорного или безнапорного планово-неоднородного водоносного пласта с произвольным набором граничных условий.

Модуль может быть востребован для:

- 1) моделирования структуры потока, построения карт гидроизогипс;
- 2) расчета зон санитарной охраны, обоснование гидравлических завес, разработка мероприятий по реабилитации подземных вод от загрязнения;
- 3) оценки водопритоков в котлованы, расчета барражного эффекта от фундаментов зданий и барьеров, прогноза изменения гидрогеологических условий при строительстве, расчета куполов растекания и мн. др.



Массоперенос в водоносном пласте

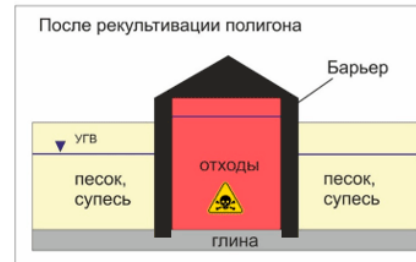
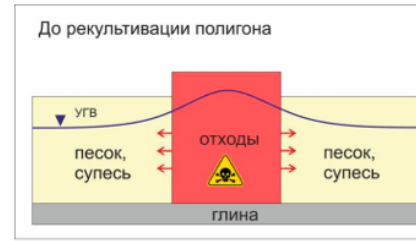
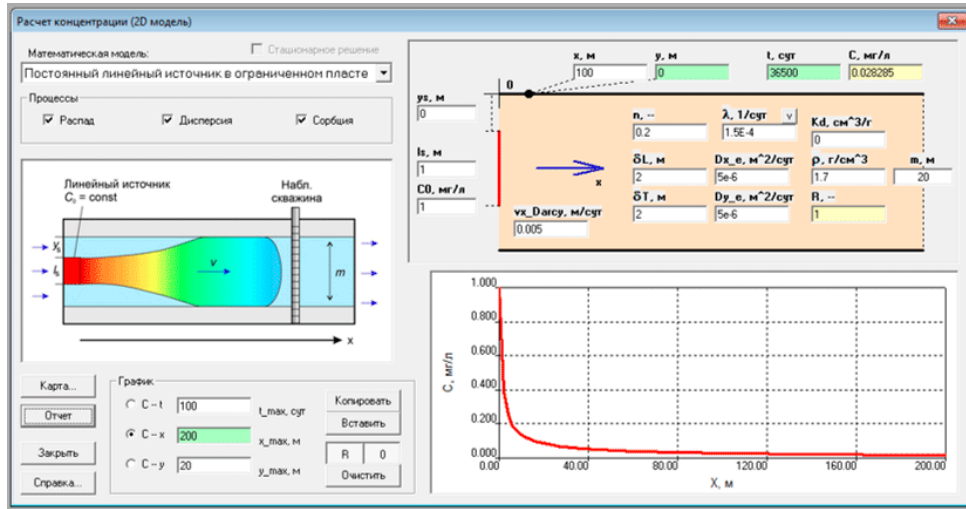


Рисунок 1 – Пример инженерных решений по рекультивации полигона токсичных отходов

Аналитический решатель позволяет моделировать 1D-3D миграцию загрязнения в водоносном пласте с учетом различных процессов:

- Конвекция
- Дисперсия
- Распад
- Сорбция
- Кинетика сорбции
- Массообмен между трещиной и блоком (двойная пористость)
- Тип источника (постоянный/импульс)

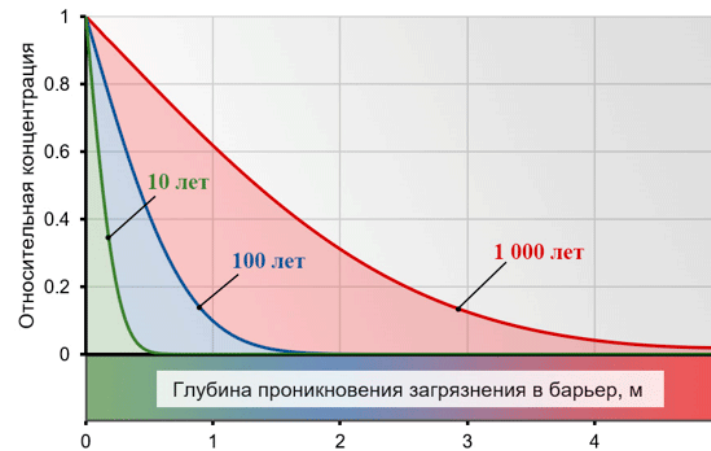
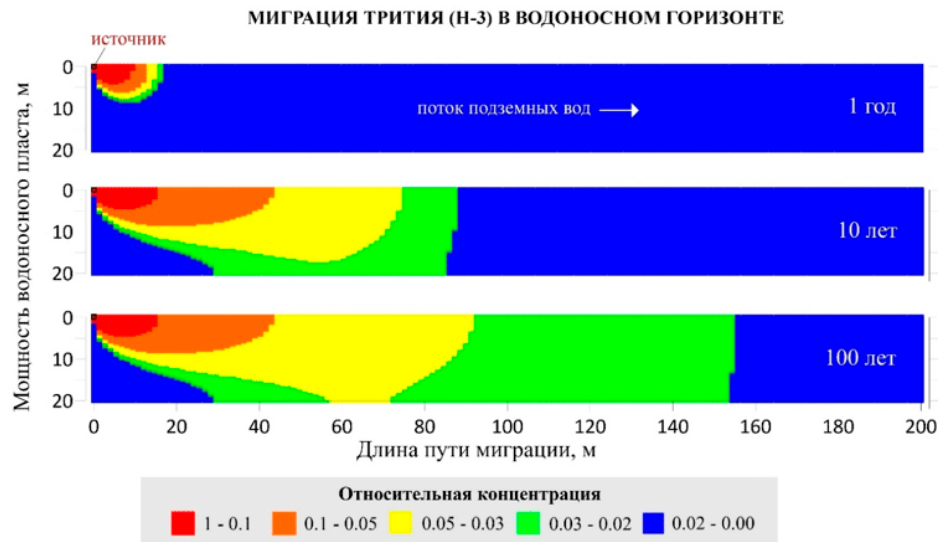
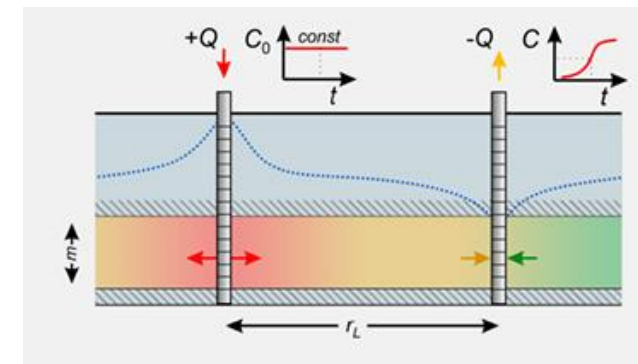
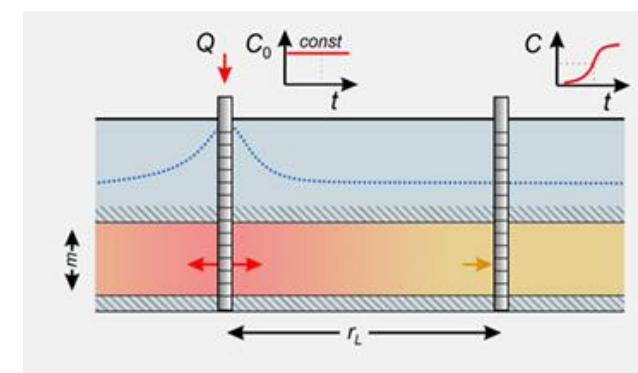
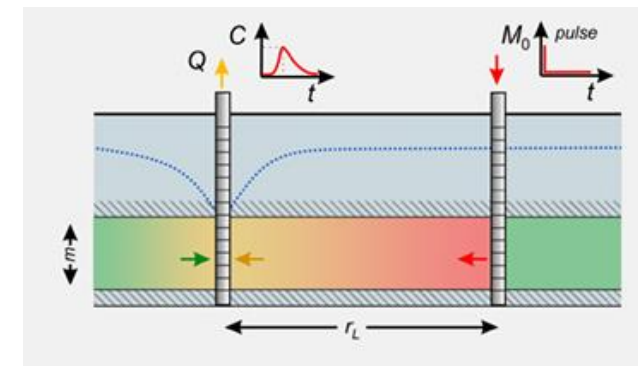
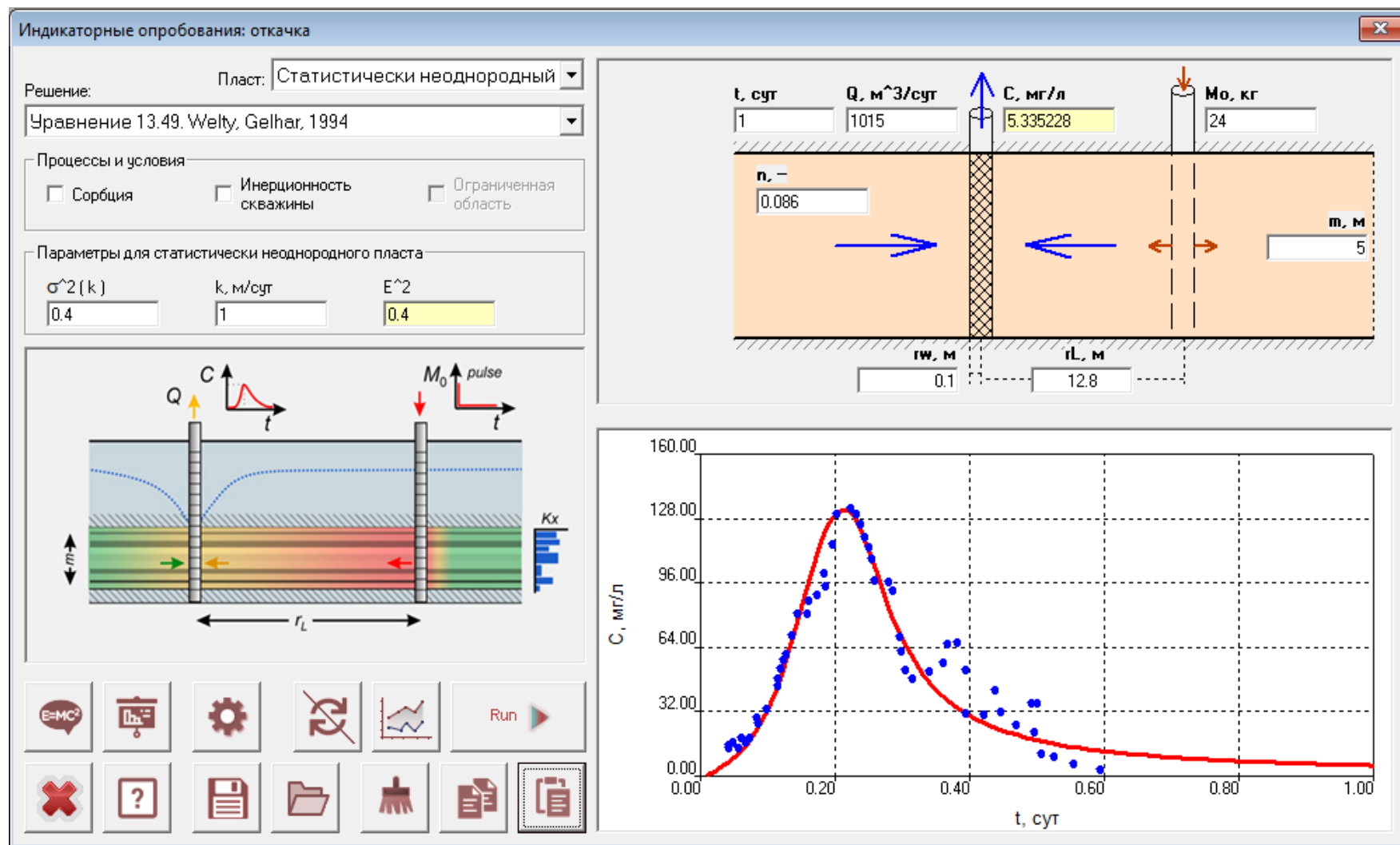


Рисунок 4 – Проникновение токсичных отходов в тело глинистого барьера на различные моменты времени

Интерпретация трассерных экспериментов

Виды миграционных опробований: откачка, нагнетание, дуплет



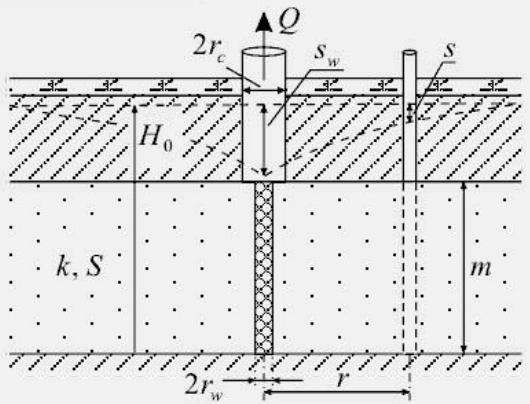
Модуль для планирования опытно-фильтрационных работ

Проект откачки

Концептуальная модель
 Напорный пласт
 Совершенная скважина

Граничное условие
 Неограниченный пласт

Скважина
 Емкость
 Скин



Опытная скв.
 Q, м³/сут
 200
 dQ...
 rw, м
 0.1
 rc, м
 0.2

Понижение
 t, сут
 3
 sw, м
 69.73392
 s, м
 34.58236

Расстояние
 r, м
 25.1

Параметры
 k, м/сут
 0.1
 S, -
 0.000001
 T, м²/сут
 5
 a, м²/сут
 5000000
 Ss, 1/м
 2E-08

Откачивающая скв.
 Наблюдательная

Мощность
 m, м
 50
 H0, м
 100

График: опытная скважина наблюдательная скв. Преобразование Лапласа
 Рассчитать УПВ № 1 Moench, 1997

План X = 31.90662 м Y = 199.4949 м Z = 0 м r = 120.5651 м

Ctrl + Alt + Click - добавить наблюдательную скважину

Graph showing drawdown s (m) vs time t (days) for the test well. The curve starts at 0 and rises to approximately 69.73 m at 3 days.

Автоматическое Формирование отчетов

Напорный водоносный пласт

Пласт неограничен в плане. Скважины совершенные по степени вскрытия. Учитывается емкость опытной скважины.

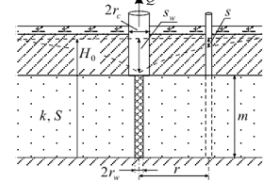


Рис. 1. Типовая схема

Уравнения нестационарной фильтрации для понижения в напорном пласте. Решения Менча в опытной и наблюдательной скважинах с учетом емкости опытной скважины и скин-эффекта:

$$z = \frac{Q}{4\pi T} f(u, r_c, r_o, T, \alpha, k_{skin}, m_{skin}),$$

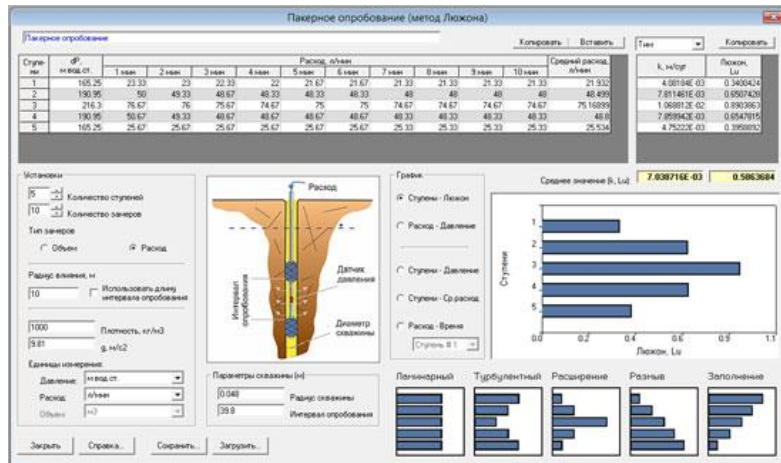
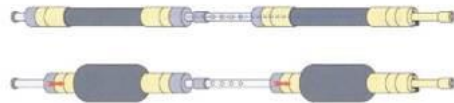
$$s = \frac{Q}{4\pi T} f'(u, r_c, r_o, T, \alpha, k_{skin}, m_{skin}),$$

где
 $\alpha = T/S$ – пьезопроводность водоносного пласта, м²/сут;
 k – коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут;
 m – мощность пласта, м;
 k_{skin}, m_{skin} – коэффициент фильтрации (м/сут) и толщина скин (м);
 Q – расход опытной скважины, м³/сут;
 r – расстояние от опытной скважины до наблюдательной скважины, м;
 r_c, r_o – радиус опытной скважины и ее обсадной трубы, м;
 S – водотдача водоносного пласта, -;

Интеграция с гидрогеологическим оборудованием

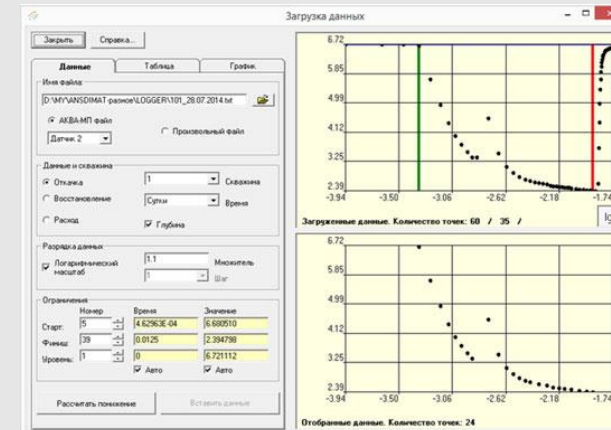
Пакеры от компании “Экзостра”

<https://exostra.ru/>



Модуль для обработки пакерных опробований в программе АНСДИМАТ

Автоматические датчики уровней



Модуль для считывания и пакетной обработки данных с датчиков для автоматической подготовки журнала откачки АНСДИМАТ

Дальнейшие направления развития

Наращивание функционала модуля геомиграционных расчетов

- внедрение рассолов;
- трассер тесты;
- реабилитация загрязненных территорий.

Новый модуль для планирования ОФР

- проектирование конфигурации водозабора;
- подготовка форм для заполнения журнала откачки.

Служба поддержки
работает
24/7

Функционал программы АНСДИМАТ
определяется ее пользователями

Ждем Ваших отзывов, идей
и предложений

annik@ansdimat.com

Спасибо за внимание !



ANSDIMAT
www.ansdimat.com