

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА
И ГИГИЕНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ИМ. А.Н.СЫСИНА»

Исх.№ 12-5/481 от 31.07.2014г.
на № _____



Российская Федерация, 119992, Москва, Погодинская ул. 10 , стр.1
Телефон: 8 (499) 246 5824, Факс: 8 (499) 245 0314, E-mail: niiisysin@mail.ru , www.sysin.ru

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС
им. А.Н.Сысины» Минздрава России
академик РАН
Ю.А. Рахманин Ю.А. Рахманин
« ____ » 2014 г.

ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**о соответствии программного комплекса по расчету 2-го и 3-го по-
ясов зон санитарной охраны водозаборов подземных вод (AMWELLS)
требованиям законодательства в области обеспечения санитарно-
эпидемиологического благополучия человека**

Оценка программного комплекса для аналитического моделирования скважинных систем AMWELLS версия 2.0 разработанная на базе Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, проведена ФГБУ «НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н.Сысины» Минздрава России, аккредитованного на научно-техническую компетенцию и независимость для разработки нормативных и методических документов в соответствии с Разделом 2. «Гигиена. Группа 2.1. «Коммунальная гигиена» (сертификат аккредитации № СА 13.135, выдан Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 25.06.2009 г.).

Для экспертизы представлены следующие материалы:

1. Руководство пользователя для программного комплекса (ПК) AMWELLS состоит из 8 разделов, краткого описания назначения программы и списка литературы.
2. Программный комплекс (ПК) AMWELLS на электронном носителе.
3. Копия свидетельства о государственной регистрации программного комплекса AMWELLS.
4. Протокол результатов тестирования AMWELLS.

Организация 2 и 3 поясов зон санитарной охраны регламентируется СанПиН 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения», а порядок гидродинамических расчетов рассмотрен в методических рекомендациях «Рекомендации по гидрогеологическим расчетам для определения границ 2 и 3 поясов зоны санитарной охраны подземных источников хозяйствственно-питьевого водоснабжения» (далее – Рекомендации ВОДГЕО), утвержденных ВНИИ «ВОДГЕО», Госстроя СССР (М., ВНИИ «ВОДГЕО», 1983 г.).

Программный комплекс AMWELLS производит расчет 2 и 3 пояса ЗСО для водозаборов подземных вод графоаналитическим методом.

ПК AMWELLS имеет свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012615217 от 9 июня 2012 г.

В кратком описании ПК AMWELLS указано предназначение данной программы, которое подразумевает расчет 2 и 3 зоны санитарной охраны водозаборов подземных вод, спроектированных в типовых условиях, построение скважинных систем различной конфигурации с учетом их несовершенства по линии вскрытия, планирование и проведение опытно-фильтрационных опробований, выбор оптимального количества опытных и наблюдательных скважин, расчет максимального понижения уровня при вероятных производительностях скважин.

В разделе 1 ПК AMWELLS «Создание аналитической модели», описывается типовая расчетная схема модели с учетом напорных, безнапорных пластов, пластов с перетеканием, трехслойных систем, двухслойных систем и др. Также описывается алгоритм создания аналитической модели.

В разделе 2 ПК AMWELLS «Работа с аналитической моделью», описывается «диалоговое окно» графического редактора, при этом предусматриваются четыре режима работы:

- режим задания скважин и геометрии модели;
- режим расчета изменения уровня в выбранной точке модели;
- режим модельной сетки;
- режим расчета зон санитарной охраны;

Прилагается пояснения к управлению графическим редактором с описанием определенных свойств кнопок и пояснительная таблица к клавишам управления в окне графического редактора.

Программа содержит набор инструментов упрощающих работу пользователя с аналитической моделью: изменение масштаба отображения, измерение расстояний между любыми точками модельной области, отображение подложки в виде графической схемы или карты, возможность вставки тек-

ста.

Для создания размера модели и граничных условий, масштаба существуют вкладки «Размер», «Границы», «Масштаб», «Расстояние», «Подложка».

Диалоговое окно «Скважины и временные замеры» содержит четыре вкладки, которые предназначены для определения размещения опытных и наблюдательных скважин на модельной области, задания их характеристик, а также определения длительности опытного опробования и частоты временных замеров.

Диалоговое окно «Создание системы скважин» предназначено для размещения на модели упорядоченной системы опытных скважин: например, линейный ряд скважин.

Производительность опытных скважин в аналитической модели определяется в поле «Расход» и может быть постоянной или переменной во времени. Для задания ступенчатого изменения расхода используется диалоговое окно «Переменный расход». Окно состоит из таблицы, в которую заносятся ступени изменения расхода опытной скважины (время и расход), и графика изменения расхода во времени. График обновляется автоматически при изменении табличных данных.

Для задания фильтрационных свойств водоносных пластов, формирующих аналитическую модель, используется диалоговое окно «Параметры модели». Вкладка «Параметры» содержит поля для ввода параметров уравнения фильтрации, которое описывает изменение уровня в модельной области.

Имеется информационное окно с автоматическим перерасчетом основных параметров водоносных пластов.

В программу внедрен модуль с подборкой справочных данных по основным фильтрационным параметрам. Пользователь программы может воспользоваться при расчете своими собственными данными, полученными в полевых и лабораторных экспериментах, или, при отсутствии таковых, поимствовать их из справочной литературы.

В разделе 3 «Режим расчета изменения уровня в выбранной точке модельной области» возможно несколько функций: определение изменения уровня или напора в произвольной точке модельной области на выбранный момент времени, построение графика временного прослеживания, переход в точку расположения опытной или наблюдательной скважины, перемещение на заданном расстоянии от центра опытных скважин.

Раздел 4 «Построение графиков и карт гидроизогипс». Аналитическая модель дает возможность проследить за изменением уровня в водоносном

пласте (построение изолиний на карте, определение изменения уровня на заданный момент времени, построение графиков временного прослеживания) без создания сеточной разбивки и длительных не всегда точных численных расчетов. В режиме расчета зон санитарной охраны строится карта напоров с учетом градиента напора и направления естественного фильтрационного потока.

Раздел 5 «Режим модельной сетки», служит в основном для визуализации аналитически рассчитанных изменений уровня в пространстве и предполагает разбивку области моделирования на блоки и расчет уровня подземных вод в центре каждого блока. Это дает возможность просматривать изменение уровня не только в конкретных точках области, но и в пространстве в целом, а также позволяет строить гидрогеологические разрезы, карты гидроизогипс и получать расчетные изменения уровня в плане на разные моменты времени.

В разделе 6 «Экспорт данных в ANSDIMAT» предлагается возможность создания информационного потока данных на базе ПК AMWELLS с последующим его сохранением и использованием на базе программы ANSDIMAT.

Раздел 7 «Зоны санитарной охраны» определяет необходимость расчета зон санитарной охраны для источников водоснабжения питьевого назначения вблизи водозaborных скважин. Зоны санитарной охраны организуются в составе трех поясов. Первый пояс (строгого режима) устанавливается в соответствии с требованиями нормативного документа. Границы второго и третьего пояса определяются расчетным путем графоаналитическим методом.

В режиме расчета зоны санитарной охраны пользователю предоставляется возможность задать фильтрационные параметры пласта, активную пористость, градиент напора и направление потока. Дополнительно пользователь выбирает время расчета 2 и 3 пояса ЗСО. Время для второго пояса задается в сутках, в соответствии с СанПиН 2.1.4.1110-02. При выборе пользователем схемы безнапорного пласта, время для расчета 2 пояса пользователь может ввести вручную, согласно п.2.6 рекомендаций ВОДГЕО. Время расчета 3 пояса ЗСО задаётся вручную (в годах), в соответствии с СанПиН 2.1.4.1110-02.

В ПК AMWELLS пользователь имеет возможность проследить за скоростью и траекторией движения в плане нейтрального трассера (частицы), запущенного из любой координаты модельной области.

Диалоговое окно «*Опции*» используется для расчета площади зоны санитарной охраны, подготовки отчета о проделанной работе, настройки

внешнего вида и точности расчета.

Окно «Площадь зоны санитарной охраны» содержит две таблицы, количество строк в которых равно количеству опытных скважин, размещенных в модельной области. Таблицы относятся к I и II поясам зоны санитарной охраны. В них записываются расчетные длина, ширина и площадь области захвата для выбранных опытных скважин.

В разделе 8 ПК AMWELLS представлены схемы решений для расчета зон санитарной охраны в изолированном напорном водоносном пласте, в безнапорном водоносном пласте. Формулы для расчета зон санитарной охраны в различных видах водоносного пласта представлены решением Купера-Джейкоба (Карслоу, Егер, 1964; Jacob, 1946a; Cooper, Jacob, 1946), Хантуша (Hantush, 1966; Hantush, Thomas, 1966), решение на основе функций Грина (Muskat, 1937), Ньюмана (Neuman, 1973, 1975) и Менча (Moench, 1993, 1996). Все решения основаны на фундаментальных зависимостях подземной гидродинамики, широко используются в мировом сообществе и вошли в основные учебные курсы и методические пособия.

Расчет 2 и 3 пояса ЗСО в программе AMWELLS проводится графоаналитическим методом. Суть графоаналитического метода подробно изложена в разделе 6 методического руководства ВОДГЕО и сводится к трем основным шагам:

- 1 шаг – расчет и построение сетки движения частиц,
- 2 шаг – выделение линий тока,
- 3 шаг – расчет времени движения частиц по этим линиям тока.

Сетка движения частиц (шаг 1) строится на основании гидродинамических расчетов уровней подземных вод. Рекомендации ВОДГЕО в п. 6.1 обращают внимание на то, что “Уровень подземных вод в фиксированных точках определяется аналитическими (в простейших случаях) или с использованием разнообразных моделирующих либо цифровых устройств, широко применяемых при гидрогеологических исследованиях”. Положение уровней подземных вод в программе AMWELLS вычисляется аналитическими уравнениями, которые представлены в разделе 8 руководства пользователя AMWELLS. Все решения основаны на фундаментальных зависимостях подземной гидродинамики, широко используются в мировом сообществе и вошли в основные учебные курсы и методические пособия.

После расчета сетки движения частиц (шаг 1), программа AMWELLS выделяет линии тока и рассчитывает времена движения частиц (шаг 2 и шаг 3). Анализ соответствия аналитических уравнений используемых формул в программе AMWELLS и рекомендациях ВОДГЕО представлен в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение уравнений для расчета 2 и 3 пояса ЗСО графо-аналитическим методом, которые изложены в рекомендациях ВОДГЕО и руководстве пользователя AMWELLS

<p>Рекомендации по гидрогеологическим расчетам для определения границ 2 и 3 поясов зон санитарной охраны подземных источников хозяйствственно-питьевого водоснабжения. М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1983.</p> <p>6.5. Средняя действительная скорость v_{ij} в пределах j-той ячейки, в которой полоса тока находится из линииности:</p> $v_{ij}^* = \frac{n_{ij} \Delta H_{ij}}{n_{ij} \cdot \ell_{ij}} \quad (97)$ <p>где n_{ij} – пористость; κ_{ij} – коэффициент фильтрации в пределах ячейки.</p> <p>Время, в течение которого частицы воды пройдут путь длиной ℓ_{ij}, равно</p> $\Delta t_{ij} = \frac{n_{ij} \ell_{ij}^2}{\kappa_{ij} \Delta H_{ij}} \quad (98)$ <p>Полное время движения подземных вод между двумя точками, расположенные в ячейках с номерами m и n в полосе тока,</p> $T = \sum_{j=m}^{n-1} \frac{n_{ij} \ell_{ij}^2}{\kappa_{ij} \Delta H_{ij}} \quad (99)$ <p>Задаваясь расчетным интервалом времени T, по формуле (99) можно найти расстояние до границы ЗСО в пределах каждой ячейки, а по соотношениям (98) оценить расходы основных источников.</p>	<p>Руководство пользователя AMWELLS</p> <p>Скорость движения частиц вычисляется по формуле:</p> $v = \frac{1}{n} k \frac{H_2 - H_1}{l}, \quad (7.1)$ <p>где H_1, H_2 – расчетный напор в точках 1 и 2, расположенных на расстоянии l друг от друга, м; $H_2 - H_1 = \Delta H$, k – коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут; l – расстояние между двумя точками (1 и 2), в которых определяется напор, м; n – пористость; v – действительная скорость фильтрации, м/сут.</p> <p>По скоростям вычисляется время движения частицы для двух поясов ЗСО. Время прохождения частицы до водозабора выражается следующей суммой:</p> $t = \sum_{i=1}^j \Delta t_i = \sum_{i=1}^j \frac{l_i}{v_i}, \quad (7.2)$ <p>где j – количество интервалов; l_i – длина i-го ин-</p>
---	--

	тервала, м; t – время прохождения частицы от произвольной точки до водозабора, сут; t_i – время прохождения частицы от произвольной точки до окончания i -го интервала, сут; $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ – время прохождения частицей одного i -го интервала, сут; v_i – действительная скорость фильтрации для i -го интервала, м/сут.
	Подставив в (7.2) уравнение (7.1) мы получаем выражение $t = \sum_{i=1}^j \frac{nl_i^2}{k(H_2 - H_1)_i}$, которое полностью идентично уравнению (99) рекомендаций ВОДГЕО.

Таблица 2. Условные обозначения к таблице 1

Параметры	Рекомендация...	AMWELLS
Разность напоров	Разность напоров в ячейке: ΔH_{ij}	Напоры между двумя точками: $H_2 - H_1$
Длина	Длина ячейки: l_{ij}	Длина интервала: l_i
Действительная скорость фильтрации	Скорость в пределах ячейки: v_{ij}^*	Скорость в пределах интервала: v_i
Пористость, коэффициент фильтрации	n_{ij}, k_{ij}	n, k
Время движения	время прохождения пути Δt_{ij}	время прохождения между двумя точками Δt_i
Полное время движения пути	T	t

Институтом геоэкологии РАН проведен сравнительный анализ результатов расчета 2-го и 3-го поясов зон санитарной охраны подземных водозаборов на примерах, приведенных в рекомендациях ВОДГЕО и разработанной ПК AMWELLS. Результаты тестов подтверждают достоверность расчетов по предложенным в руководстве пользователя формулам. Расхождения, полученные в некоторых случаях, могут быть связаны с имеющимися неточностями в уравнениях, указанных в Рекомендациях ВОДГЕО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Современные аспекты взаимодействия между научно-практическими работами, выполненными на базе НИИ и экспертизой, осуществляющей надзорными государственными учреждениями, предполагает наличие единого правового пространства, в рамках которого осуществляется проверка представленных материалов и документации на соответствие их нормативам и правилам подзаконных актов на территории РФ.

Представленный на экспертизу программный комплекс по расчету 2-го и 3-го поясов зон санитарной охраны водозаборов подземных вод (AMWELLS) как научно-практическая работа, выполнена на базе Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН. Данная работа выполнена на высоком научном уровне, содержит в себе инновационные идеи и современную методику, оптимизирующую работу проектировщиков и исследователей, занимающихся вопросами гидрогеологического изучения подземных вод и процессами, связанными с добычей и использованием этих вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения населенных мест.

На основании анализа соответствия применяемых в программе аналитических уравнений с уравнениями, изложенными в Рекомендациях ВОДГЕО (М.:ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР, 1983), а также результатов их кросс-тестирования можно сделать заключение о возможности использования ПК AMWELLS для подготовки изыскательских и проектных материалов для согласования с организациями, осуществляющими государственный надзор в области охраны подземных источников питьевого водоснабжения.

Следует отметить, что проект разработки зон санитарной охраны является неотъемлемой частью проекта водоснабжения, в котором закладывается технология водоподготовки с конкретными зданиями и сооружениями осуществляющими водоснабжение, планировочные решения которых необходимо учитывать при составлении первого пояса санитарной охраны, что отражено в СанПиН 2.1.4.1110-02. Программный комплекс AMWELLS не учитывает этот существенный момент, принимая во внимание только определение границ 2 и 3 поясов зоны санитарной охраны. Также, ПК AM-

WELLS не позволяет рассчитывать зоны санитарной охраны для водопроводных сооружений и водоводов.

ВЫВОДЫ

1. Корректность расчета 2 и 3 поясов зоны санитарной охраны водозаборов подземных вод с использованием ПК AMWELLS подтверждена протоколом тестирования при сравнении с примерами, приведенными в Рекомендациях по гидрогеологическим расчетам для определения границ 2 и 3 поясов ЗСО подземных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения (М.:ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР, 1983).
2. Используемые в программе формулы для расчета зон санитарной охраны графоаналитическим методом совпадают с формулами, изложенными в разделе 6 Рекомендаций ВОДГЕО (М.:ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР, 1983).
3. Программный комплекс для аналитического моделирования скважинных систем AMWELLS версия 2.0, разработанный на базе Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, может быть использован для расчета 2 и 3 поясов зоны санитарной охраны водозаборов подземных вод.

РЕКОМЕНДАЦИИ

В настоящее время ПК AMWELLS может быть использован для расчета 2 и 3 пояса зон санитарной охраны водозаборов подземных вод, которые составляют лишь часть проекта ЗСО.

В связи с указанным рекомендуется разработать модуль, который сможет расчетным путем проводить обоснование защищенности подземных вод и рекомендовать размеры 1 пояса зоны санитарной охраны.

Также нам представляется перспективным расширение ПК AMWELLS для расчета зон санитарной охраны поверхностных водотоков, водопроводных сооружений и водоводов.

Эксперт,
Д.м.н., проф.



Р.И.Михайлова