

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВОДОЗАБОРА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

**Калимбетов Жанназар Курбанбаевич**

*Преподаватель Нукусского военно-академического лицея «Темурбеклар мактаби» при МВД республики Узбекистан.*

**Аннотация:** Рассмотрены вопросы нечетко-детерминированного и имитационного моделирования процессов формирования и эксплуатации водозаборов подземных вод при определении дебитов и количества скважин в условиях нечеткости исходной информации.

**Ключевые слова:** водозаборы подземных вод, нечеткие множества, термы, паводок, межень, дебит и количества скважин.

### ВВЕДЕНИЕ

В условиях острой нехватки водных ресурсов на территориях, характеризующихся экологической напряженностью, искусственно создаваемые запасы подземных вод (ПВ) представляют собой одну из основных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения населения.

Обоснование проектов ВПВ обычно осуществляется в условиях нехватки, неточности, неясности, неопределенности, нечеткости имеющейся исходной информации. Этим объясняется необходимость разработки информационной модели области фильтрации и процесса фильтрации, что является основой организации взаимосвязи между водозабором подземных вод и её математической моделью. В статье рассмотрены вопросы нечетко-детерминированного моделирования и имитационного моделирования на Simulink для определения параметров водозаборов.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Технологический процесс создания и эксплуатации водозаборов подземных вод (ВПВ) включает следующие этапы [1,2,3]:

1. Выбор местности, водоносного горизонта состоящей в разрезе из хорошо проводящих пород (пески, супеси, суглинки) с достаточно выдержанной в плане водоупором, с размерами примерно 600-700 м в ширину, 1200-1800 м в длину, 20-30 м по мощности.

2. В паводок, на выбранной для ВПВ местности, строится инфильтрационный канал (ИК) с глубиной 2,5-3 м, шириной 10-12 м далее по ИК пускают воду. Режим фильтрации-инфильтрационный, граничные условия:-пласт-полоса.

3. В ходе формирования или искусственного пополнения запасов подземных вод, параллельно решается задача распреснения аномалий высокоминерализованных вод.

4. С течением времени, постепенно на дне канала формируется слой илистых фракций, и постепенно образуется разрыв между инфильтрационным потоком и подземной гидросферой. В таких случаях, иногда применяются разные способы удаления слоя илистых фракций.

5. В межень обычно начинается эксплуатация сформированных в наводок запасов пресных подземных вод для хозяйственно-питьевых нужд населения. Режим подземных вод-эксплуатационный, граничные условия-неограниченной пласт.

Математическая модель процессов формирования и эксплуатации ВПВ в плане представляется так:

$$\mu \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (\tilde{k}h \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\tilde{k}h \frac{\partial h}{\partial y}) + f - w \quad (1)$$

$$h(x, y, t_0) = h_0(x, y), (x, y) \in D(x, y) \quad (2)$$

$$\left[ \alpha h + \beta \left( \tilde{k}h \frac{\partial h}{\partial x} \right) \right]_{(x,y) \in \Gamma} = \gamma(x, y, t), \quad t > t_0 \quad (3)$$

$$\alpha^2 + \beta^2 > 0$$

Здесь,  $h(x, y, t_0)$  – уровни подземных (грунтовых) вод;

$\tilde{k}(x, y)$  – нечетная значения (оценки) коэффициентов фильтрации в плане;

$h_0(x, y), \gamma(x, y, t)$  – заданные функции, D-область фильтрации, Г- её граница.

Область фильтрации D может иметь регулярный вид (прямоугольник, квадрат и т.д.) или произвольный по всем границам области D вид ставится условия типа (3), при этом, если  $\alpha = 1, \beta = 0$  то (3) соответствует граничному условию 1-рода,  $\alpha = 0, \beta = 1$  2-рода,  $0 < \alpha < 1, 0 < \beta < 1$  3-рода.

Поскольку, режим подземных водах в экологически напряженных территориях в основном является нарушенной, коэффициенты, начальные и граничные условия математической модели (1)-(3) формализуется с применением принципов теории нечетких множеств (ТНМ) [4,5]. Поэтому математическая модель (1)-(3) принята называть нечетко-детерминированной моделью (НДМ), хотя понятия нечеткость и детерминированность являются взаимоисключающимися [5].

Реализация НДМ (1)-(3) осуществляется на базе применения локально-одномерного метода А.А.Самарского [7], суть которого сводится в редукции многомерной задачи к последовательному решению серии одномерных задач. В работе [6] приводится алгоритм и программный комплекс для решений математической модели (1)-(3). При этом, формируется информационная модель области фильтрации и информационно-технологическая модель для процесса геофильтрации, основная функция которых обеспечение взаимосвязи между ВПВ и её нечетко-детерминированной модели.

Для нечеткого представления параметров области фильтрации (Рис.3) формируется массив с элементами, состоящими из 7 разрядов:

$i_1 i_2 i_3 i_4 i_5 i_6 i_7$ , где  $i_1$  – номер зоны неоднородности,  $i_2 i_3$  – тип функции принадлежности (ФП),  $i_4 i_5$  – общая количества термов,  $i_6 i_7$  – номер конкретного терма.

В расчетах применяются обычно треугольная или трапецидальные ФП. Если неопределенный параметр  $k$  задан  $l$  – формой нечеткого числа, то переход к треугольной форме осуществляется по форме [8]:

$$\tilde{k} = \langle \underline{k}, \bar{k}, l_i \rangle, \text{ где } l_i \in L = \{l_1, l_2, \dots, l_m\}.$$

$\underline{k}, \bar{k}$  – нижняя (верхняя) границы носителя  $\tilde{k}$ .

$$\underline{k}(l_i) = \underline{k}; \bar{k}(l_i) = \bar{k}; \hat{k}(l_i) = \underline{k} + (i-1)(\bar{k} - \underline{k}) / (m-1)$$

На базе построенной математической модели проводятся вычислительные эксперименты с целью обоснования параметров между скважинами водозабора, выбор их дебитов и др.

Для обоснования таких параметров ВПВ перспективными является аналитические зависимости установившейся фильтрации. Так, для расчета дебита скважины водозаборов подземных вод применяется формула [1]:

$$Q = \frac{2\pi k m s}{\left( \ln \frac{\delta}{2\pi r_0} + \frac{2\pi L_1 L_2}{\delta(L_1 + L_2)} \right)}$$

Расчеты осуществляется путем составления Simulink модели при следующих данных по Кегейлийскому ВПВ Республики Каракалпакстан:

$k = 9 \text{ м/сут}$ ;  $\delta = l = 100 \text{ м}$ ;  $r_0 = 0,2 \text{ м}$ ;  $s$  – рабочее понижения;  $m$  – мощность

водоносного горизонта:  $m = h - \frac{s}{2}$ ;  $L_1$  и  $L_2$  – расстояния от линейного водозабора до

контуров искусственного питания;

$$L_1 = l_1 + \Delta L_1; L_2 = l_2 + \Delta L_2;$$

$$l_1 = l_2 = 150 \text{ м}; L_1 = L_2 = 230 \text{ м};$$

Сначала определяется дебит скважин, далее необходимое количество скважин водозабора по формуле:  $n_{\text{skb}} = \frac{\sum Q_2}{Q_{\text{skb}}}$ .

Simulink модели для определения количества скважин ВПВ и их дебитов приводится на Рис.4.

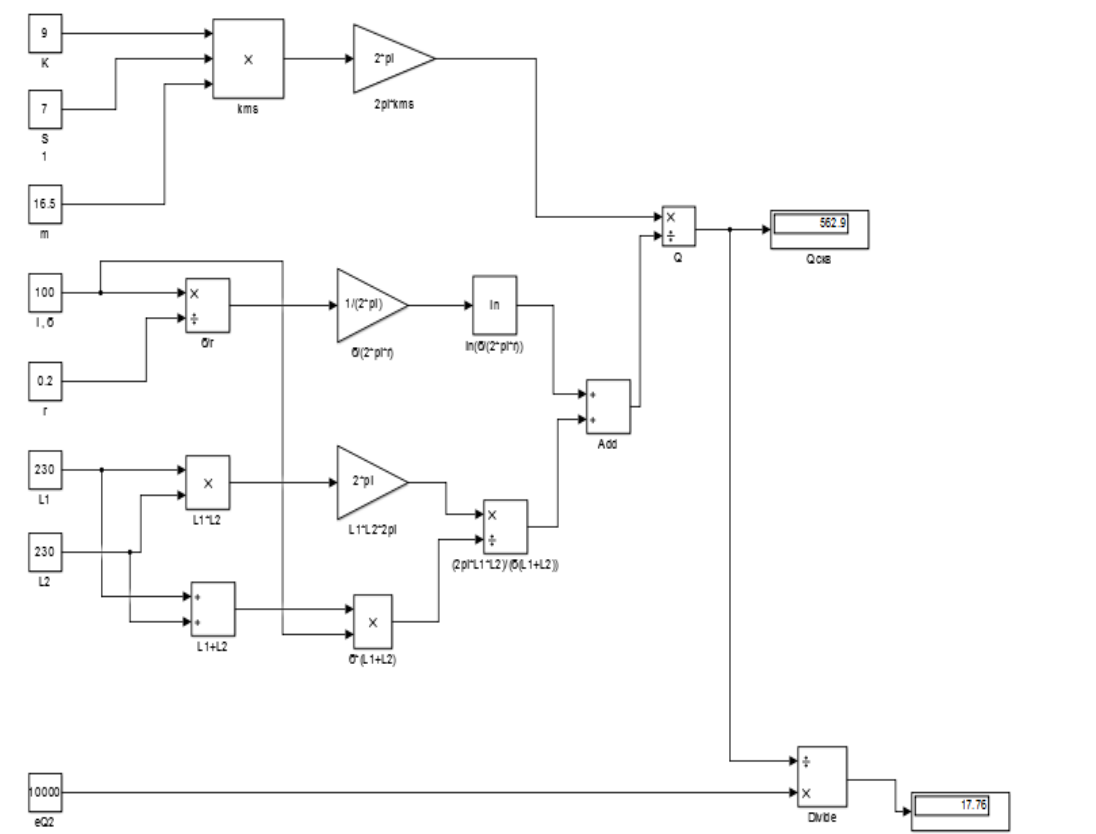


Рис.4. Simulink модель определения дебита скважин ВПВ и их количества.

Полученные результаты сопоставлены с данными, приведенными в работе А.А. Акрамова (1991г.) (см.табл.2).

Таблица 2

Параметр	Результаты по Акромову А.А. [1]	Результаты Simulink моделирования
1.Дебит скважины линейного водозабора	562 м <sup>3</sup> /сут	562,9 м <sup>3</sup> /сут
2.Необходимое количество скважин	18,1 шт	17,76 шт

**ВЫВОДЫ:**

- Для обоснования проектов ВПВ перспективными является рациональное сочетание нечетко-детерминированных методов моделирования геофильтрации и имитационного моделирования на Simulink при определении параметров ВПВ.

- В условиях нарушенного режима подземной гидросферы, перспективным для формализация параметров области фильтрации ВПВ является применение принципов теории нечетких множеств.

- В процессе НДМ ВПВ важным является установление информационной взаимосвязи между ВПВ (объектов) и её НДМ посредством построение информационной и информационно-технологических моделей. При этом информационная модель является основой представления и решения обратных задач геофильтрации, а информационно-технологическая модель позволяет эффективно учесть факторы, влияющие на ВПВ.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Акрамов А.А. Регулирование запасов пресных вод в подземных водохранилищах Средней Азии. – Ташкент: ФАН АН РУз. 1991.-216с.
  2. Акрамов А.А. Технология искусственного восполнения подземных вод на водозаборах Приаралья. – Ташкент: ГПП «Узбекгидрогеология», 1977.-165с.
  3. Гавич И.К. Методы охраны подземных вод от загрязнения и истощения. – М.: Недра, 1985. -320 с.
  4. Усманов Р.Н. К вопросу интеллектуализации нечеткого управления сложных процессов (на примере водозаборов подземных вод) // Вестник ТУИТ. -2007. - №1. – С.46-49.
  5. Усманов Р.Н. К вопросу численного моделирования процессов формирования и эксплуатации водозаборов подземных вод в условиях нечеткой информации // Вестник Таш ГТУ. – Ташкент, 2006.
  6. Усманов Р.Н., Сейтназаров К.К. Программный комплекс нечетко-детерминированного моделирования гидрогеологических объектов // Автоматика и программные изменения. 2014, №1(7).-С.29-34
  7. Самарский А.А, Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. примеры. 2-е изд., испр. - М: Физматлит, 2005.-320 с.- ISBN 5-9221-0120-X.
  8. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и Fuzzy TECH.- СПб.: БХВ - Петербург, 2003.- 736 с., ил.
- Akbarov, A. T., & Tojimatova, Z. A. (2021). The harmony of the new renaissance pedagogy and the pedagogical views of mahmudkhuja behbudi. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(3), 19-24.