

Международная научная конференция



**ТЕХНОГЕННЫЕ
ПРОЦЕССЫ
В ГИДРОЛИТОСФЕРЕ**

**(идентификация, диагностика,
прогноз, управление)**

Сборник докладов

**г. Кисловодск
2011 г.**

УДК 556.3, 575.3, 28, 50

Т 38

Т 38 **Техногенные процессы в гидrolитосфере (идентификация, диагностика, прогноз, управление)** // Национальный научный форум «Нарзан-2011» 25.09.2011 – 28.09.2011 г. Кисловодск. Сборник докладов. Пятигорск: РИА-КМВ. – 2011 г. – 216 с.

ISBN 978-5-89314-375-1

В настоящем сборнике представлены материалы участников форума, в которых авторы рассматривают как частные, так и общие проблемы изучения геолого-гидрогеологического строения недр, динамика гидrolитосферы и ее экологическое состояние в зонах интенсивной техногенной нагрузки. Рассмотрены методы прогнозирования и управления техногенными процессами с целью минимизации негативного воздействия на гидrolитосферу. Теоретические и методологические аспекты перспективных направлений исследований представлены следующими разделами: идентификация геологических объектов; диагностика состояния объектов; прогнозирование и управление техногенными процессами.

Рецензенты:

Алтухов В.И., д.ф-м.н., проф. (ПГТУ),

Макаров А.М., д.т.н., проф. (ПГТУ),

Григорьев В.В., д.т.н., проф. (ЛИТМО),

Веселов Г.Е., д.т.н., проф. (ТТИ ЮФУ).

Редакционная коллегия:

Бородавкин П.П., д.т.н.,

проф. Малков А.В., д.т.н. (отв. редактор),

Першин И.М., д.т.н., проф. (зам. отв. редактора).

ISBN 978-5-89314-375-1

© Коллектив авторов, 2011 г.

© ООО Рекламно-информационное
агентство на Кавминводах», 2011 г.

УДК 556.49

**КОРРЕКТИРОВКА ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ
МОДЕЛИ КУЮЛУССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
АРТЕЗИАНСКИХ ВОД ЮЖНО-МАНГЫШЛАКСКОГО
АРТЕЗИАНСКОГО БАСЕЙНА**

Казеев В. Г.,

*Российский федеральный ядерный центр, г. Снежинск,
Россия*

Коваленко Н. Н.,

*Полесский государственный университет, г. Пинск,
Беларусь*

Малков А. В.,

*Общество с ограниченной ответственностью
ООО «Нарзан-гидроресурсы», г. Кисловодск, Россия*

Аннотация. Рассмотрен метод повышения точности дискретной математической модели КуюлуССкого месторождения артезианских вод, основанный на методике подбора. В качестве критерия выбора использовался минимум среднеквадратической погрешности. Точность математической модели по ретроспективным данным составляет 12-14%.

Ключевые слова: Месторождение подземных вод, математическое моделирование, водоносный горизонт, фильтрационные параметры,

**THE CORRECTION OF THE MATHEMATICAL MODEL
PARAMETERS OF THE KUYULUSSKY ARTESIAN WATERS
DEPOSIT OF THE SOUTHERN MANGYSHLAK ARTESIAN
BASIN**

Kazeev Victor, Natalia Kovalenko, Malkov Anatoliy

Annotation In this article is considered the method of raising of the exactness of the mathematical model of Kyulusku deposit of artesian waters, by the minimum of middle-square error was used as the criterion of the choice. The exactness of the mathematical model is 12-14%.

Key words: *the deposit of underground waters, mathematical model, water caring horizon, filtering parameters.*

Геолого-гидрогеологическая характеристика объекта

Месторождение подземных вод «Куюлус» («К-М») расположено в пределах Южно-Мангышлакского артезианского бассейна, который, в свою очередь, входит в состав Среднекаспийской водонапорной системы.

Бассейн характеризуется довольно сложным гидрогеологическим строением. В его пределах выделяются две гидродинамические зоны, разделенные мощной толщей относительно водоупорных отложений верхнемелового - палеогенового возраста.

В верхней гидродинамической зоне развиты грунтовые воды, представляющие собой единый водоносный горизонт, образовавшийся за счет инфильтрационного питания. Движение грунтовых вод направлено с северо-востока на юго-запад в сторону Каспийского моря и бессточных впадин, где и происходит их разгрузка. Нижняя гидродинамическая зона характеризуется развитием напорных вод, питание которых также осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков в области выхода отложений на дневную поверхность в районе гор Каратау и Беке-Башкудукского поднятия. Движение вод этой зоны направлено от хребтов Каратау к центру артезианского бассейна.

К этой гидродинамической зоне относятся рабочие горизонты водозабора «К-М»: сеноманский, первый, второй и третий альбские водоносные горизонты, объединенные в виду схожести гидрогеологического строения и условий формирования в альб-сеноманский водоносный комплекс. Длительная эксплуатация подземных вод альб-сеноманского водоносного комплекса в значительной степени изменила естественную гидродинамическую обстановку, в результате чего движение подземных вод в настоящее время направлено от периферии бассейна к центру водозаборных сооружений.

Краткая геолого-гидрогеологическая характеристика объекта

Второй альбский водоносный горизонт (K_2aL_{2+3} 2). Отложения второго альбского водоносного горизонта имеют повсеместное распространение на рассматриваемой территории, обнажа-

ясь на поверхности земли вдоль южных склонов гор Каратау и Бекке-Башкудукского поднятия (рис. 1.). К югу отложения погружаются под более молодые на глубину до 800 м. (рис.2.). Водовмещающие отложения представлены зеленовато-серыми тонко и мелкозернистыми песками и песчаниками кварцево-глауконитового состава общей мощностью до 80 метров. Абсолютные отметки статического уровня подземных вод горизонта изменяются от 149 м. - (в северной части района), до 120 м. - (на юге и юго-западе). Величина водопроницаемости отложений изменяется от 8 до 25 м²/сут., пьезопроводность - 10⁶ м²/сут. [5].

Первый альбский водоносный горизонт (K₂L₂₊₃ 1). Имеет повсеместное распространение в пределах всего артезианского бассейна. Он приурочен к двум верхним песчаным прослоям альбского яруса и представлен преимущественно мелкозернистыми кварцево-глауконитовыми песками зеленовато-серого цвета, разделенными толщей глин мощностью до 20 метров.

Общая мощность горизонта - 130-150 метров. От второго альбского горизонта первый отделен мощной пачкой (30 – 50 м.) плотных глин, что предполагает отсутствие гидравлической связи между ними. Областью питания горизонта являются предгорья Каратау и сводовая часть Бекке-Башкудукского поднятия. Абсолютные отметки пьезометрического уровня подземных вод имеют здесь максимальные отметки (до 130 метров). Фильтрационный поток направлен к югу, в сторону погружения отложений. Первый альбский водоносный горизонт является наиболее водообильным из всех эксплуатируемых горизонтов. Величина водопроницаемости изменяется в пределах от 45 до 100 м²/сут. Величина пьезопроводности горизонта - 4,0×10⁵ м²/сут. В пределах рассматриваемого района воды первого альбского водоносного горизонта имеют сульфатно-хлоридно-натриевый состав. Минерализация их изменяется от 0,6 г/дм³ (в предгорьях Каратау) до 10,0 г/дм³ (на юге территории). К западу от Бекке-Башкудукского поднятия выделяется область развития слабосоленых вод с минерализацией до 3,0 г/дм³, представляющих собой линзу, вытянутую в субмеридиональном направлении. Площадь линзы составляет около 1000 км². Эта линза образует месторождение подземных вод «Куюлус-Меловое».

Сеноманский водоносный горизонт (K₂ст). Имеет повсе-

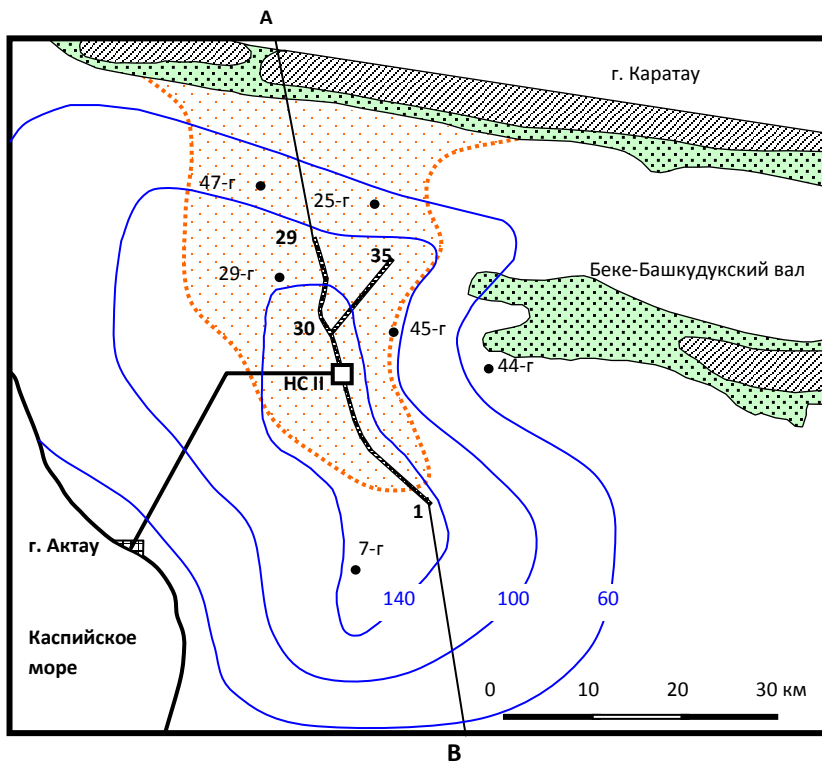
стное распространение в пределах артезианского бассейна. Водовмещающие отложения представлены среднезернистыми кварцево-глауконитовыми песками и песчаниками мощностью от 40 до 60 метров. В подошве водоносного горизонта залегают кварцево-глауконитовые глины сеноманского возраста мощностью 20 м., в кровле - мергели туронского яруса.

Область создания напоров также приурочена к областям выхода отложений на дневную поверхность в районе гор Каратау и сводовой части Бекке-Башкудукского поднятия. Абсолютные отметки статического уровня подземных вод составляют 90 - 105 метров. При погружении отложений в западном и юго-западном направлении отмечается снижение отметок статического уровня, что свидетельствует о наличии здесь областей разгрузки.

Водообильность горизонта невысока. Величина водопроницаемости составляет в среднем около $35 \text{ м}^2/\text{сут}$. В пределах месторождения воды имеют сульфатно-хлоридно-натриевый состав с минерализацией от 2,5 до $14,0 \text{ г/дм}^3$.

На дневную поверхность отложения выходят в виде узкой полосы вдоль южных склонов гор Каратау, а также в центральной части водозабора. На запад и юго-запад отложения погружаются под более молодые, достигая глубин 200-400 метров от поверхности.

Палеоцен-Датский водоносный горизонт (K_2d+P). Водоносный горизонт имеет повсеместное распространение в пределах рассматриваемой территории. Водовмещающие отложения представлены трещиноватыми известняками и мелом с прослоями кварцевых стяжений. Общая мощность отложений составляет от 50 до 100 м. Основной областью питания горизонта является тектоническая структура Бекке-Башкудукский вал, к которому и приурочены области максимальных статических напоров. Воды напорные. Движение вод направлено к центральной части территории. Здесь отмечается естественная разгрузка подземных вод в виде восходящих родников через воронки карстового происхождения радиусом до 8,0 метров. Величина естественной разгрузки составляет около $4000 \text{ м}^3/\text{сут}$. Фильтрационные свойства водоносного горизонта крайне изменчивы по площади и разрезу. Максимальные значения водопроницаемости приурочены к трещиноватым зонам и составляют до $160 \text{ м}^2/\text{сут}$. На остальной территории водопроницаемость горизонта не превышает $20 \text{ м}^2/\text{сут}$.












-  Область отсутствия водоносных отложений мелового возраста
-  Область выхода водоносных отложений мелового возраста на поверхность
-  Линейный ряд водозаборных скважин
-  Наблюдательная скважина и ее номер
-  Изолинии понижения уровня первого альбского горизонта, м.
-  Контур линзы подземных вод с минерализацией до 3,0 г/дм³
-  Насосная станция II подъема
-  Магистральный водовод
-  Линия геологического разреза

Рис. 1. Схема водозабора «Куюлус»

Химический состав подземных вод данного горизонта довольно пестрый. Общая тенденция роста минерализации отмечается в сторону увеличения глубины залегания отложений. В районе водозабора минерализация подземных вод составляет 7,0 - 10,0 г/дм³. На юг и запад территории минерализация подземных вод возрастает до 50г/дм³ и более. По химическому составу подземные воды относятся к сульфатно-хлоридно-натриевому типу. Из микроэлементов присутствуют бром, бор. В центральной части водозабора подземные воды насыщены сероводородом в концентрации до 51 мг/дм³.

Как следует из описания, палеоцен-датский водоносный горизонт не имеет практического значения с точки зрения хозяйственного водоснабжения в виду высокой минерализации и наличия сероводорода. Необходимость его изучения вызвана тем, что располагаясь выше рабочих горизонтов водозабора, он представляет собой потенциальную угрозу для водозабора как источник солевого и сероводородного загрязнения рабочих горизонтов.

Водозабор подземных вод «Куюлус-Меловое» предназначен для хозяйственного водоснабжения города Актау и промплощадки. В плане водозабор представляет собой систему водозаборных скважин, вытянутых линейно в субмеридиональном направлении по оси линзы слабосоленоватых вод, с шагом 1,5 км. Конструкция водозабора ярусная, то есть, каждая водозаборная скважина каптирует только какой-то один водоносный горизонт. Основными рабочими горизонтами являются (снизу вверх) второй, первый альбские и сеноманский водоносный горизонты, содержащие напорные воды.

Общее количество водозаборных скважин составляет 54. Из них: 31 оборудована фильтром на первый альбский горизонт, 14 скв. - на сеноманский и 9 - на второй альбский горизонты. Условно водозабор разбит на три ветки: южную, северную и сеноманскую. Водоотбор из скважин осуществляется погружными насосными агрегатами типа ЭЦВ (первый подъем), установленных в скважинах на глубинах от 40 до 100 метров ниже устья. Все скважины объединены сборным коллектором, по которому вода из скважин подается на станцию второго подъема в резервуар объемом 1000м³. Из резервуара магистральными насосами по магистральным коллекторам вода перекачивается в город на центральный узел водоснабжения (ЦУВС). Технологическая схема

предполагает использование подземных вод в качестве добавки (17%) в дистиллят для получения питьевой воды, а также как техническую, для санитарно-гигиенических целей. Основное требование к качеству подземных вод заключается в поддержании солесодержания общего потока на уровне не более 4,0 г/дм³, что объясняется особенностями технологии водоснабжения.

Водозабор подземных вод эксплуатируется с 1962 года. Величина водоотбора из скважин постоянно наращивалась по мере сооружения и ввода в эксплуатацию новых скважин. К 1976г. суммарная производительность достигла проектной величины 50–58 тыс. м³/сут. Динамика водоотбора представлена на рис.3.

Интенсивная эксплуатация водоносных горизонтов выразилась в том, что начинает формироваться депрессионная воронка уровня подземных вод. Радиус и величина понижения уровня в ее пределах определяются, в первую очередь, длительностью эксплуатации, пространственными координатами и фильтрационными свойствами горизонтов. На первых этапах эксплуатации темпы снижения уровня составляли до 10-15 м/год. По мере увеличения радиуса воронки темпы несколько стабилизировались, однако стационарный режим фильтрации достигнут не был. Это объясняется тем, что величина водоотбора значительно превышает величину инфильтрационного питания водоносных горизонтов за счет природных факторов. Подобная ситуация сохранялась на протяжении всего периода эксплуатации.



Рис.3. Динамика суммарного водоотбора из месторождения «К-М».

Контроль за динамикой уровня осуществлялся по сети наблюдательных скважин, расположенных в пределах депрессии на различных расстояниях от водозаборных сооружений. В качестве контрольных были выбраны пять наблюдательных скважин, характеризующих развитие депрессионной воронки по всем направлениям и имеющих наиболее достоверную информацию. Фактическое положение динамического уровня приведено в таблице 1. Анализ данных свидетельствует, что наиболее интенсивно динамический уровень снижался в западном, южном и юго-западном направлениях, наиболее удаленных от областей питания.

Таблица 1.

Динамика снижения уровня в наблюдательных скважинах.

Дата	Понижения уровня в наблюдательных скважинах, м (среднегодовые)					
	47-Г	29-Г	7-Г	45-Г	44-Г	25-Г
1963	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1964	1,90	4,70	4,00	10,80	4,30	10,00
1966	5,10	12,60	12,00	26,80	5,80	23,20
1968	10,90	23,20	25,00	36,80	7,10	32,00
1970	17,90	32,40	38,10	50,70	7,50	39,70
1972	25,30	42,70	39,30	55,90	10,10	46,00
1974	32,40	49,60	43,00	67,30	10,20	55,30
1976	41,10	57,00	56,00	75,50	11,80	65,00
1978	43,00	64,00	63,00	81,90	13,00	67,00

К востоку (к Бекке-Башкудукскому поднятию) интенсивность снижения динамического уровня значительно ниже. Минимальное снижение зафиксировано в скважине № 44-г, расположенной в непосредственной близости от выходов на поверхность водоносных отложений в сводовой части Бекке-Башкудукского поднятия. То есть, после достижения влияния водоотбора областей выхода отложений на дневную поверхность, в последних начинает происходить сработка гравитационных запасов. В результате сформировалась обширная депрессионная воронка радиусом до 70 км и максимальным понижением уровня в центре до 180 м.

Обобщение материала позволяет заключить, что формирование эксплуатационных запасов подземных вод происходит за счет сработки упругих запасов центральной части депрессионной воронки, гравитационных вод в области выхода отложений на дневную поверхность и перетоков из смежных горизонтов.

Анализ данных свидетельствует также о том, что основной проблемой при эксплуатации месторождения является истощение эксплуатационных запасов. Особых требований к качественным показателям минеральной воды не предъявляется. Достаточно, чтобы минерализация общего потока находилась в диапазоне значений 2,0 г/дм³ – 4,0 г/дм³, что определяется технологическими особенностями водоподготовки. Из этих соображений, в качестве целевой функции рассматривалась предельно допустимое снижение уровня в водоносных горизонтах.

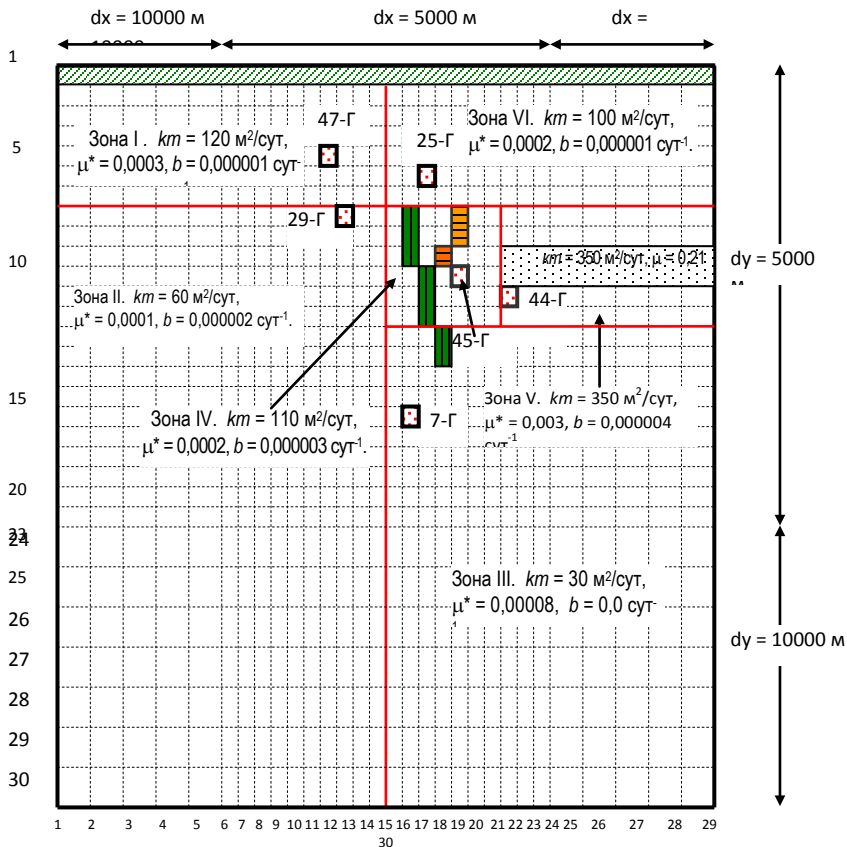
Математическая модель Куюлусского месторождения

Исходя из описания, следует рассматривать многопластовую схему с перетеканием между первым альбским и сеноманским водоносным горизонтами. Второй альбский горизонт может рассматривать как изолированный. Учитывая, что практически 90% водоотбора приходится на первые два, в работе рассматривалась двух пластовая плоско пространственная модель. Второй альбский горизонт, характеризующийся хорошей гидравлической изоляцией от вышележащих, в расчетах не учитывался. Кроме того, достаточно точная и представительная информация по скважинам режимной сети имеется только для первого альбского горизонта. Динамика уровня охарактеризована в нем по шести точкам (скважинам), в связи с чем, верификация модели выполнялась только для первого альбского горизонта.

Рассматривалась плоско-пространственная математическая модель, описываемая дифференциальным уравнением [1,2,3,4]:

$$M^* \frac{\partial S}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(km_x \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(km_y \frac{\partial S}{\partial y} \right) - b_k(S_k - S) - b_n(S_n - S) \quad (1),$$

где: S – понижение уровня в рассматриваемом водоносном горизонте; Sk, Sn – понижение уровня в водоносных горизонтах, залегающих над кровлей и в подошве рассматриваемого соответственно.







-  Блоки, моделирующие эксплуатационные скважины первого альбского горизонта.
-  Блоки, моделирующие эксплуатационные скважины сеноманского горизонта.
-  Блоки, моделирующие наблюдательные скважины первого альбского горизонта.
-  Закрытая граница (ГУ II, $Q = 0,0$).

Рис.4. Фильтрационная схема Куюлусского месторождения артезианских вод.

Вся область фильтрации была разбита неравномерной прямоугольной сеткой (рис.4.) с шагом 5000×5000 м. в центральной части и 5000×10000 м - на периферии. Исходя из геологического строения, рассматривалась схема полуограниченного пласта.

Северная граница модели задана как непроницаемая (ГУ II). В остальных направлениях модель принята как неограниченная. В вертикальном разрезе границы на кровле сеноманского и подошве первого альбского приняты также как ГУ II, между сеноманским и первым альбским горизонтами - как границы ГУ III.

Фильтрационная область разбита на шесть кусочно-однородных зон, в пределах которых параметры модели приняты постоянными по пространственным координатам.

Параметры модели в первоначальном варианте приняты по результатам опытно-фильтрационных работ, режим водоотбора задан ступенчатым, в соответствии с фактическими среднегодовыми значениями.

Параметры сеноманского горизонта приняты постоянными равными: водопроницаемость – 35 м²/сут; водоотдача – 0,0001. Перетекание между горизонтами отсутствует.

Начальные условия приняты в следующей постановке: $t=0$; $Q = 0$; $S = 0$.

Корректировка параметров осуществлялась по данным эпигноза с использованием методики подбора.

Задача решалась на модели методом подбора, путем прогонки ряда вариантов с различными значениями цифровых параметров водоносных горизонтов вводимых по определенному алгоритму. В качестве критерия адекватности использовалось среднеквадратичное отклонение модельных данных от фактических:

$$d = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (S_{jm} - S_{jf})^2}{n}} \quad (2),$$

где: S_{jm} , S_{jf} – соответственно модельное и фактическое понижение уровня в рассматриваемой наблюдательной скважине (блоке); n – количество точек наблюдения в выбранном диапазоне временного интервала.

Моделирование может выполняться на любой из программ,

описывающих планово-пространственную фильтрацию. Вся область фильтрации разбивается равномерной или неравномерной сеткой, на которой задается местоположение эксплуатационных и наблюдательных скважин. Условия на границах, геометрические размеры и количество водоносных горизонтов устанавливаются на основании данных геолого-гидрогеологических работ. Фильтрационная среда принимается кусочно-однородной. Границы смены фильтрационных свойств выделяют по геолого-тектоническим признакам и контролируются наблюдательной сетью. То есть, каждый элемент среды должен быть охарактеризован режимом хотя бы одной наблюдательной скважины. Очень полезными здесь могут оказаться данные сейсморазведки, тогда выделение блоков будет более обоснованным.

Решения задачи начинается по схеме снизу-вверх. При этом принималось допущение, что подпитка из недр в самый нижний изучаемый горизонт, не происходит или же ей можно пренебречь. Процедура решения задачи представляет собой однотипный алгоритм, который реализуется в несколько этапов по следующей схеме.

1. На первом этапе в модель вводятся гидродинамические параметры смежных водоносных горизонтов, полученные по результатам опытно-фильтрационных работ. Для самого нижнего водоносного горизонта задается некоторый диапазон значений параметров по схеме, представленной на рис. 5. Параметры смежных горизонтов (при изучении рассматриваемого) не меняются.

2. На модели воспроизводится фактический режим эксплуатации за определенный период времени, и для каждого из выбранного набора параметров в интересующем диапазоне временного интервала, определяют понижение уровня в блоках, моделирующих наблюдательные скважины (для нижнего водоносного горизонта). Далее, сопоставляя модельные и фактические понижения на одноименные моменты времени, рассчитывается среднее значение стандартного отклонения (δ).

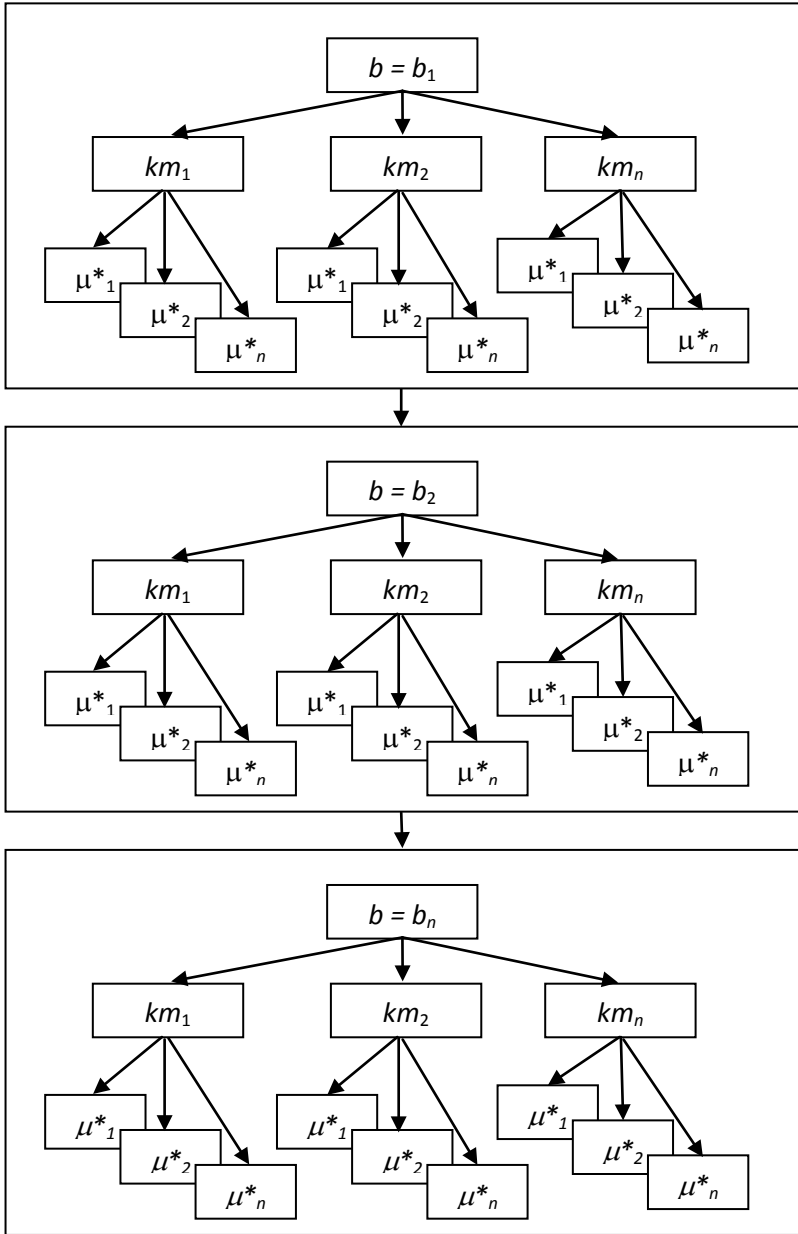


Рис.5. Схема задания параметров при направленном поиске.

3. Если полученные решения изобразить графически, то для каждого параметра (b_i) можно построить унимодальную поверхность, изображенную на рис.6. Проекция точек поверхности, имеющих минимальные погрешности, на плоскость $km \div \mu^*$, дает некоторую кривую АВ, у которой в точке С будет наблюдаться наименьшее из всех значение стандартной ошибки. То есть, для каждого фиксированного параметра перетекания (b_i) найдется свое соотношение водопроницаемости и водоотдачи, обеспечивающих минимум погрешности.

Выполнив аналогичные расчеты для нескольких выбранных произвольно параметров перетекания (b_i), получим несколько подобных линий, на одной из которых находится искомое решение, располагающееся в точке, с минимумом среднеквадратической погрешности.

Решение можно также найти, если указанные поверхности спроецировать на плоскости $km \div \delta$, и $\mu^* \div \delta$. Тогда получится серия кривых, имеющих экстремум в некоторой точке. Такие графики, в полулогарифмическом масштабе представлены на рис. 7

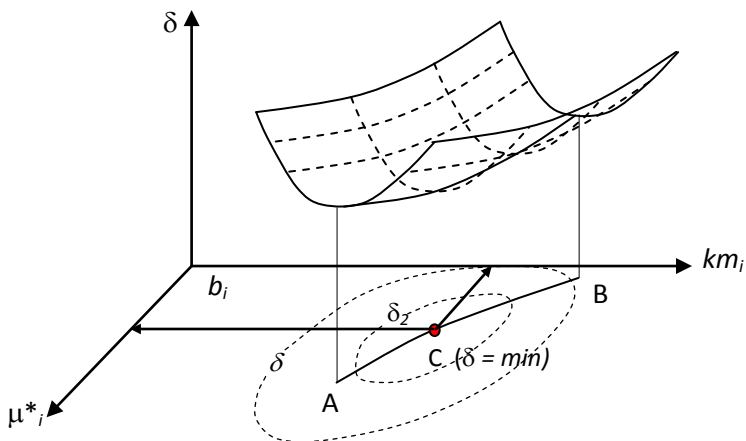


Рис.6. Зависимость стандартной ошибки от параметров горизонт

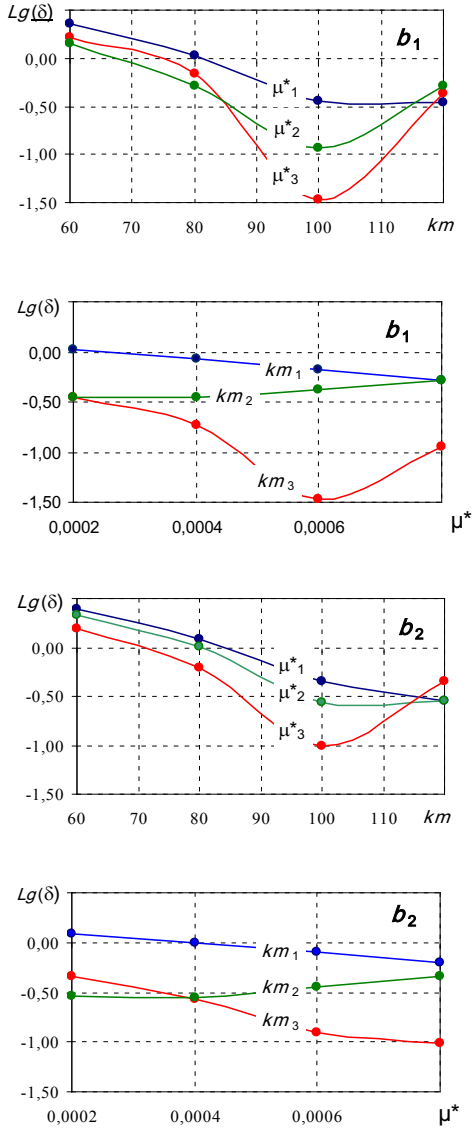


Рис. 7. Характер среднеквадратичной погрешности от параметров пласта

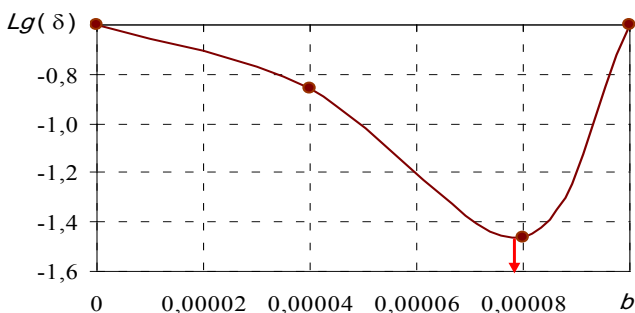


Рис.8. Зависимость среднеквадратичной погрешности от параметра перетекания.

4. Установив водопродовимость и водоотдачу по минимуму квадратичной ошибки, вводят их в модель, прогоняют режим возмущения при различных значениях параметра перетекания по той же схеме. Параметр перетекания определяют также аналогично по минимуму квадратичной погрешности (рис.8).

5. Процедура поиска параметров смежных горизонтов практически ничем не отличается от изложенного алгоритма. Здесь необходимо рассмотреть две схемы. Первая из них предполагает, что рассматриваемые смежные горизонты не являются рабочими, то есть, откачка из них не производится. В этом случае понижение уровня в рассматриваемом горизонте будет формироваться только под воздействием откачки из соседнего горизонта. Это означает, что понижения уровня в них будут невелики, и погрешность численных методов решения дифференциальных уравнений окажет ощутимое влияние на точность решения задачи. По этой причине, в подобных случаях следует ограничиться приближенным решением. Если же смежные горизонты являются рабочими, то схема решения задачи полностью соответствует изложенной выше.

6. Изменение параметров в отдельных блоках или в разрезе модели естественно приведет к изменению фильтрационных потоков и пьезометрических напоров. То есть, будет оказываться параметрическое возмущение пласта. По этой причине приходит-

ся прибегать к итерационному процессу. Суть его заключается в следующем. Как уже указывалось, вся область фильтрации разбивается на кусочно-однородные зоны, каждая из которых контролируется своей наблюдательной скважиной (скважинами). Отыскание параметров выполняется последовательно для каждой зоны при фиксированных параметрах в остальных. После того как процесс отыскания в данной зоне завершен, полученные параметры вводятся в модель и переходят к аналогичной процедуре в следующей зоне.

Счет заканчивается после выполнения условия:

$$D = \frac{D^{k+1} - D^k}{D^k} \leq \epsilon \quad (3),$$

где: δ^{k+1} , δ^k – минимальная погрешность после $k+1$ и k -го шага итерации; ϵ - заданная точность.

7. Определив параметры самого нижнего горизонта, их вводят в модель и приступают к аналогичной процедуре определению параметров водоносного горизонта, располагающегося выше по разрезу.

Методика опробовалась на Куюлусском месторождении. Всего потребовалось два цикла итерации (таблица 2). Результаты моделирования с параметрами, установленными после второго цикла итерации, представлены в табл. 3 изображены на рис. 9.

Таблица 2.

Параметры модели после итерационных циклов

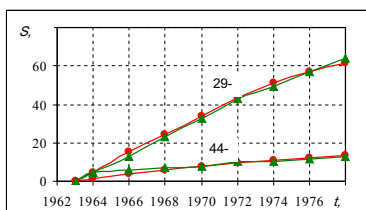
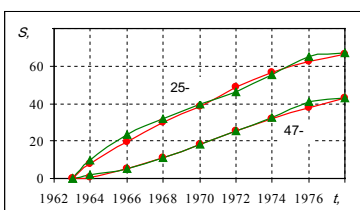
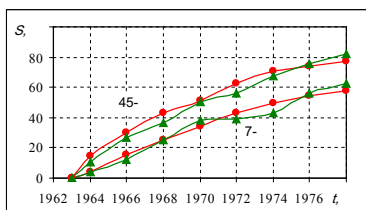
Наблюдательные скв.		Итерация 1			Итерация 2		
№ скв.	Координаты (i, j)	km, м ² /сут	μ*	b, сут ⁻¹	km, м ² /сут	μ*	b, сут ⁻¹
25-Г	18 – 6	95	0,0002	0,000001	100	0,0002	0,000001
29-Г	13 – 9	70	0,0001	0,000002	60	0,0001	0,000002
44-Г	23 – 12	250	0,005	0,000002	350	0,0030	0,000004
45-Г	20 – 11	100	0,0001	0,000002	110	0,0002	0,000003
7-Г	17 – 18	40	0,0001	0,000000	30	0,00008	0,000000

Как следует из расчетов, сходимость фактических и модельных понижений по наблюдательным скважинам хорошая. Среднеквадратическая погрешность составляет 14%. Анализ относительных ошибок показывает, что серьезные расхождения между модельными и фактическими данными относятся в основном к начальному этапу эксплуатации (рис.10), когда метрологическое обеспечение работ и информативность остаются низкими из-за активности буров.

Таблица 3

**Сопоставление модельных и фактических понижений
в скважинах**

Коорд.набл. скв. i, j		12 – 5		18 – 6		13 – 9		23 – 12		20 – 11		17 – 18	
t , год	t , сут	47-Г		25-Г		29-Г		44-Г		45-Г		7-Г	
		мод	факт	мод	факт	мод	факт	мод	факт	мод	факт	мод	факт
1963		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1964	365	0,6	1,90	7,72	10,00	4,40	4,70	1,08	4,30	14,55	10,80	4,06	4,00
1966	1095	5,48	5,10	19,73	23,20	15,32	12,60	3,63	5,80	30,48	26,80	15,66	12,00
1968	1825	11,24	10,90	30,00	32,00	24,59	23,20	5,58	7,10	43,38	36,80	24,83	25,00
1970	2555	18,11	17,90	38,59	39,70	33,63	32,40	7,47	7,50	51,55	50,70	33,88	38,10
1972	3285	25,27	25,30	48,64	46,00	43,55	42,70	9,47	10,10	63,00	55,90	43,20	39,30
1974	4015	31,95	32,40	56,80	55,30	51,04	49,60	11,07	10,20	70,54	67,30	49,73	43,00
1976	4745	37,98	41,10	62,26	65,00	56,89	57,00	12,21	11,80	74,22	75,50	54,39	56,00
1978	5475	43,04	43,00	66,28	67,00	61,48	64,00	13,16	13,00	76,95	81,90	57,83	63,00



● – Модельные
▲ – Фактические

Рис.9. Сопоставление модельных и фактических понижений уровня по наблюдательным скважинам водозабора.

Если согласиться с тем, что точность измерения уровня в полевых условиях составляет 5%, дебита (с учетом среднегодового осреднения) 10%, и точность решения конечно-разностных уравнений 4%, то средняя погрешность расчетов должна находиться в диапазоне значений: $d = \sqrt{25 + 100 + 16} = 12\%$. То есть, выполненные расчеты вполне соответствуют точности решения задачи.

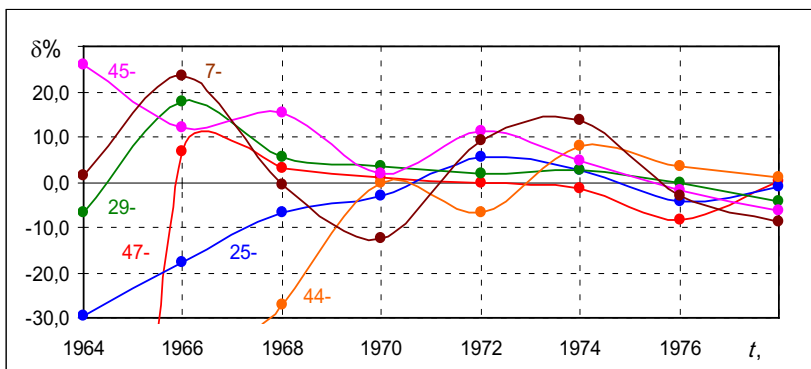


Рис.10. Характер распределения относительной погрешности по наблюдательным скважинам.

Библиографический список

1. Бочевер Ф.М., Гармонов И.В., Лебедев А.В., Шестаков В.М. Основы гидрогеологических расчетов. М.: Недра, 1965г. 305с.
2. Бочевер Ф.М. Теория и практические методы гидрогеологических расчетов эксплуатационных запасов подземных вод. М.: Недра, 1968г. 325с.
3. Гавич И.К. Моделирование гидрогеологических процессов М.: Московский геологоразведочный институт, 1977,101 с.
4. Гавич И.К., Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. М.: Недра. 1980. 358с.
5. Изучение гидрогеологических условий Южно-Мангышлакского артезианского бассейна и выбор оптимального режима комплексной эксплуатации подземных вод альбсеноманского водоносного комплекса в связи с водоснабжением г. Шевченко. / Гавич И.К., Ленченко Н.Н., Лисенков А.Б., Михайлова А.В. и др. / Москва, 1973. 224с.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

- Малков А. В.**
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЛУБИННОЙ РАСХОДОМЕТРИИ
ПРИ ИЗУЧЕНИИ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ Г
ЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА 8
- Лисёнков А.Б., Королёв Б. И., Лиманцева О.А.**
ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ УГЛЕКИСЛЫХ
МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД СЕВЕРНОГО КАВКАЗА НА ОСНОВЕ
ИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА 23
- Огнев А.О.**
СИСТЕМНЫЙ ЛИТОФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСАДОЧНОГО
РАЗРЕЗА ФЛЮИДОНОСНЫХ ОБЛАСТЕЙ 38
- Хмель В. В.**
СЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СЕВЕРНОМ ФЛАНГЕ
ЦЕНТРАЛЬНОГО УЧАСТКА КИСЛОВОДСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД 51

СЕКЦИЯ 2

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

- Гавришин А.И.**
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО
АНАЛИЗА ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ
ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ 58
- Половникова И. А.**
О ВЫЯВЛЕНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПРИРОДНЫХ ВОД 73
- Помеляйко И. С.**
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ КУРОРТА ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ КИСЛОВОДСК 76

Хаустов А. П., Елисеева М. В., Редина М. М. ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ НОРМИРОВАНИИ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПОДЗЕМНУЮ ГИДРОСФЕРУ	95
Цаплева В. В. ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ МИНЕРАЛЬНОЙ ВОДЫ В РЕГИОНЕ ГОРОДА ЛЕРМОНТОВА	110
Мусин Р. Х. ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА ТАТАРСТАНА.....	114

СЕКЦИЯ 3

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Дубогрей В. Ф. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСА ГИС GEOLINK – МОДТЕСН ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СЛОЖНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.....	128
Казеев В. Г., Коваленко Н. Н., Малков А. В. КОРРЕКТИРОВКА ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КУЮЛУССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АРТЕЗИАНСКИХ ВОД ЮЖНО-МАНГЫШЛАКСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАСЕЙНА.....	135
Хаустов А. П., Редина М. М. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД С УЧЕТОМ ТРАНСФОРМАЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВАХ.....	154

СЕКЦИЯ 4

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Ляшенко А. Л., Малков А. В. АНАЛИЗ ГИДРОЛИТОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ КАК ОБЪЕКТОВ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ МЕТОДОМ РАСШИРЕННЫХ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	168
---	-----

Першин И. М., Малков А. В., Дубогрей В. Ф.	
УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КИСЛОВОДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УГЛЕКИСЛЫХ ВОД.....	176
Ляшенко А. Л.	
СИНТЕЗ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ МЕТОДОМ РАСШИРЕННЫХ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	194
Чернышев А. Б.	
МЕТОД СИНТЕЗА НЕЛИНЕЙНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	203
Цветаев С. С.	
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОБЫЧИ МИНЕРАЛЬНОЙ ВОДЫ.....	213