

растворов, в разной степени изменённых за счёт эпигенетических процессов. Относительно невысокая М вод объясняется разбавлением седиментогенных вод, проникших в рудовмещающие эффузивы из окружающих осадочных пород, метеогенными водами в неотектонический этап развития Урала.

Выполненные исследования позволяют констатировать, что на Южном Урале распределение газовой-жидких флюидов различного вещественного состава на глубинах до 5000 м подчинено нормальной геохимической зональности, принадлежащей к категории фундаментальных свойств земной коры и являющейся одним из главных законов существования воды в недрах Земли. Кислородно-азотные маломинерализованные гидрокарбонатные воды зоны гипергенеза, формирующиеся

под влиянием гидrolитических процессов в эндогенных алюмосиликатах, на глубинах > 500—1000 м сменяются азотными солёными Cl-Na водами, а на глубинах > 2000—3000 м — метановыми рассолами Cl-Ca типа, содержащими спектр галофильных и биофильных микроэлементов. Рассолы связаны с осадочными, метаосадочными и вулканогенно-осадочными толщами палеозоя и позднего протерозоя, которые в силу надвигового аллохтонного строения оказались тектонически и литологически экранированными от воздействия гипергенных факторов. В своём большинстве рассолы являются продуктом седиментогенеза в талассогенных палеобассейнах различной солёности и последующей метаморфизации в породах за счёт эпигенетических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г. Геохимия и формирование подземных вод Южного Урала. Уфа: Гилем, 2010. 420 с.
2. Зайцев И.К. Гидрогеохимия СССР. М.: Недра, 1980. 239 с.
3. Кирюхин В.А., Никитина Н.Б., Судариков С.М. Гидрогеохимия складчатых областей. Л.: Недра, 1989. 253 с.
4. Колодий В.В., Кудельский А.В. Гидрогеология горных стран, смежных прогибов и впадин. Киев: Наук. думка, 1972. 204 с.
5. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2004. 677 с.
6. Попов В.Г., Егоров Н.Н. Гелиевые исследования в гидрогеологии. М.: Наука, 1990. 168 с.
7. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

УДК 504.064; 556.3

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОМИНЕРАЛЬНОЙ БАЗЫ КУРОРТА КИСЛОВОДСК

А.В. МАЛКОВ¹, И.М. ПЕРШИН², И.С. ПОМЕЛЯЙКО¹

¹Общество с ограниченной ответственностью ООО «Нарзан-гидроресурсы»,
357700, Россия, г. Кисловодск, ул. Кирова, д. 43, e-mail: irinapomelyayko@rambler.ru

²Северо-Кавказский федеральный университет,
357500, Россия, г. Пятигорск, просп. 40 лет Октября, 56, e-mail: ivmp@yandex.ru

Анализ данных гидрогеологического мониторинга за 50 лет позволяет утверждать, что экологическую ситуацию в районе Кисловодского месторождения минеральных вод следует рассматривать как близкую к критической. Это выражается в накоплении загрязняющих веществ в педосфере, бактериологическом загрязнении валанжинских горизонтов в краевой (южной) части месторождения, ростом динамических уровней, падением кондиций минеральных вод рабочих горизонтов, содержащих нарзаны. Основные причины негативного воздействия на экологическую ситуацию — это особенности ландшафта, способствующие накоплению загрязняющих веществ в педосфере и формирующие потенциальные источники загрязнения, рост атмосферных осадков, приводящих к падению кондиций минеральных вод Кисловодского месторождения, стоки из неканализованных посёлков и утечки из сетей (в том числе и канализационных). Проанализированы гидрогеодинамического и гидрогеохимического режимы эксплуатации Кисловодского месторождения, даны рекомендации по повышению качественных показателей основного источника месторождения «Нарзан».

Ключевые слова: Кисловодское месторождение минеральных вод; режимы эксплуатации; динамика минерального состава; динамика уровней подземных вод; дренажные сооружения; качество минеральных вод.

THE ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL STATUS OF HYDROMINERAL
BASE OF KISLOVODSK FEDERAL RESORTA.V. MALKOV¹, I.M. PERSHIN², I.S. POMELYAYKO¹¹Limited Liability Company «Narzan-hydroresources»
357700, Russia, Kislovodsk, Kirov Street, 43, e-mail: irinapomelyayko@rambler.ru²North-Caucasian Federal University, a branch in Pyatigorsk;
357500, Russia, Pyatigorsk, ave. 40 years of October, 56, e-mail: ivmp@yandex.ru

The analysis of the half a century hydrogeological data allows to argue that the environmental situation in the area of Kislovodsk field should be treated as close to critical. These results in the accumulation of pollutants in the pedosphere, bacteriological contamination of valanginian horizons in the boundary (southern) part of the field, the growth of dynamic levels, a fall of conditions of working levels of mineral water containing seltzer. The main reasons for the negative impact on the ecological situation — the landscape features contributing to the accumulation of pollutants in the pedosphere and forming potential sources of contamination, increased precipitation leading to the fall of conditions of mineral waters, runoff from non-sanitation settlements and the leakage of the networks (including sewer). The paper analyzes hydrogeodynamic and hydrogeochemical regimes of the exploitation of Kislovodsk field, gives the recommendations for improving the quality indicators of the main source of «Narzan» deposit.

Key words: Kislovodsk mineral waters; regimes of exploitation; the dynamics of the mineral composition; changes in the level of groundwater; drainage facilities; the quality of mineral water.

Некогда г. Кисловодск именовали «третьей летней столицей России». Именно сюда на летние месяцы переносилась вся культурная и светская жизнь. В развитие города вкладывались огромные силы и средства. Примером может служить памятник садово-паркового искусства — знаменитый Кисловодский курортный парк, площадь которого в конце прошлого века достигала 1380 га. Изначально в Кисловодске практически не было деревьев. Работы по обустройству парка начались в 1823 г. по приказу генерала А.П. Ермолова. В XX в. на курорте были утверждены границы и режимы округа горно-санитарной охраны. Были пробурены скважины, обеспечившие курорт доломитным и сульфатным нарзаном. Был введён запрет на въезд в город иногороднего транспорта и строго ограничено передвижение автотранспорта по центральным улицам и курортной зоне. В постсоветское время все данные запреты были отменены. В январе 2006 г., постановлением Правительства РФ Кисловодску был присвоен статус курорта федерального значения. Однако никакой реальной пользы громкий титул курорту не принёс. Город захлестнула хаотичная застройка, не учитывающая ни горно-санитарные, ни водоохранные зоны. Увеличился с 30 до 40 % по сравнению с 80-ми гг. неканализованный жилой сектор, как следствие выросла сейсмичность территории. Знаменитый парк сжался подобно шагреновой коже и уже уступает по площади Ричмонд-парку в Великобритании. По результатам проведенного в 2009 г. межевания выяснилось, что под парком осталось лишь 948,4 га [2].

Основными рабочими горизонтами Кисловодского месторождения являются валанжинский горизонт раннемелового и титонский горизонт позднеюрского возрастов. В виду выраженной вертикальной гидрогеохимической зональности валанжинский горизонт подразделяют на верхне- и нижневаланжинский подгоризонты, что в значительной степени условно, поскольку водоупорные отложения между ними довольно слабые. В южной части города валанжинские отложения выходят на поверхность, где отмечается режим гидравлической или капиллярно-гидравлической связи водоносных горизонтов с поверхностными водами и водами инфильтрационного генезиса. Погружение их под более молодые отложения отмечается на южной окраине парковой зоны. Здесь горизонты приобретают слабонапорный характер, становятся более изолированными от поверхностных и атмосферных вод. Иными словами, всю площадь месторождения можно разделить по уровню экологической защищенности (ЭЗ) на две зоны: зону слабой ЭЗ (южную) и относительно высокой (северную). Титонский горизонт несколько отличается от валанжинского. Область выхода его отложений на дневную поверхность находится значительно южнее, описанной территории, и может характеризоваться высоким уровнем ЭЗ.

Факторы, влияющие на экологическое состояние гидроминеральной базы, можно подразделить на две группы: ландшафтно-климатические и антропогенные.

Ландшафтно-климатические факторы. В геоморфологическом плане месторождение расположено в пределах так называемой Кисловодской котловины, представляющей собой более или менее правильную окружность с глубиной вреза до 200 м. Такое строение создаёт низкий уровень аэ-

рации, в связи с чем выбросы котельных, промышленных предприятий и автотранспорта не рассеиваются, а депонируются в педосфере. По данным анализа почв в пределах городской черты кратность превышения над фоновым значением таких веществ, как фосфаты достигает 14,2; нефтепродукты — 6,4; ртуть — 4,0; свинец — 2,4; медь — 2,0; цинк — 1,8; кадмий — 1,7. Все функциональные зоны города по категоризации загрязнения грунтов относятся либо к опасным, либо к умеренно опасным [11]. По мере накопления в грунтах создаются довольно значительные концентрации загрязняющих веществ, которые в дальнейшем талыми и дождевыми водами транспортируются в грунтовый водоносный горизонт, имеющий высо-

кую степень гидравлической связи с рабочими горизонтами.

Второй проблемой является постоянно растущая величина атмосферных осадков. По данным инструментальных наблюдений (метеостанция г. Кисловодск) с 1947 г. отмечается устойчивый тренд роста атмосферных осадков со средней скоростью 2,9 мм/год. Поступление атмосферных вод, имеющих минимальную минерализацию (0,2–0,4 г/дм³), приводит к разубоживанию минеральных вод. Особенно это ощутимо в валанжинских подгоризонтах в южной части месторождения, где они расположены максимально близко к поверхности земли.

Антропогенные факторы. Речь идет о влиянии на гидроминеральную базу стоков от неканализо-

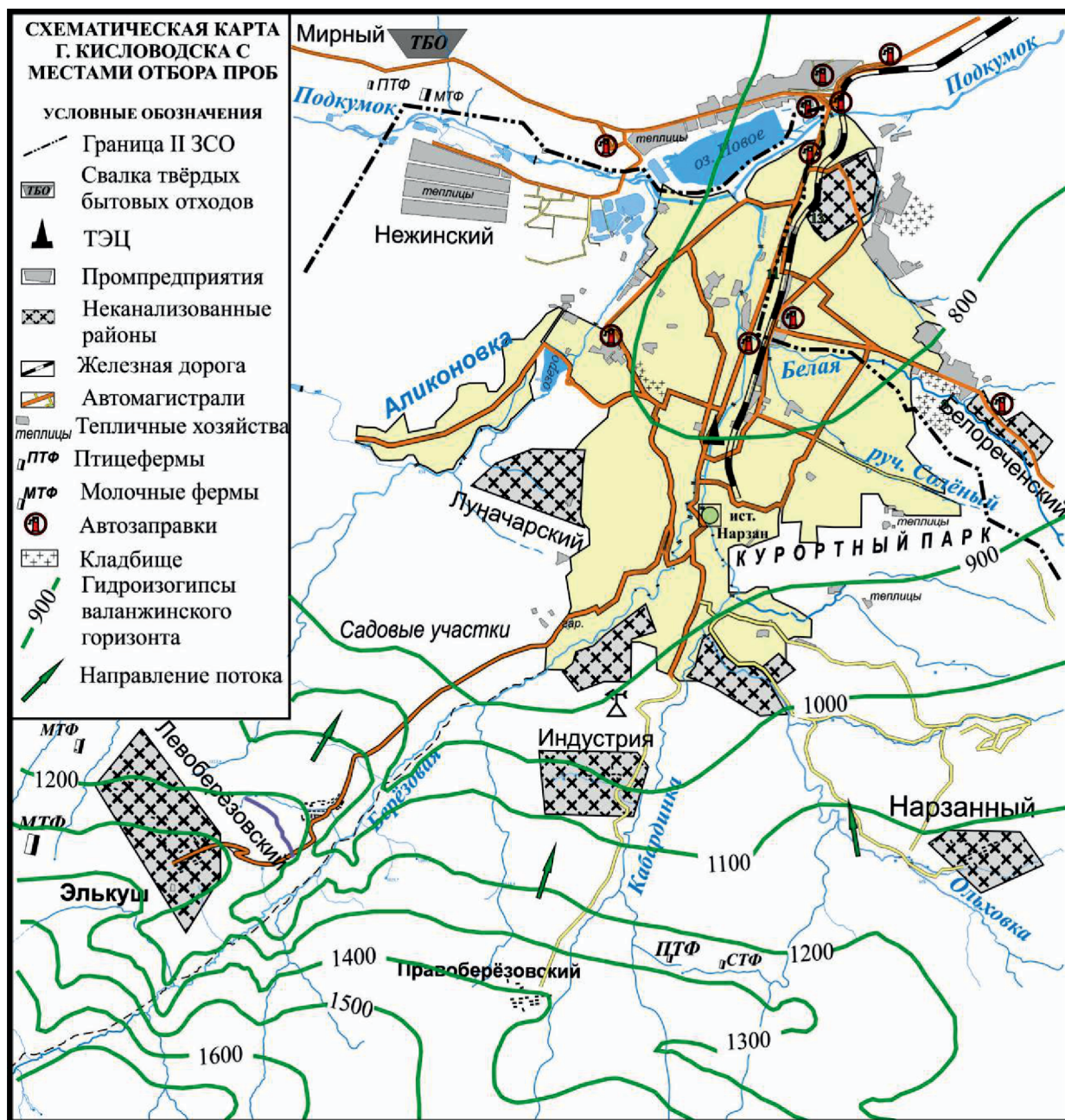


Рис. 1. Карта антропогенной нагрузки г. Кисловодск

ванных районов города и утечек из инженерных сетей различного назначения. На карте антропогенной нагрузки (рис. 1) число неканализованных районов города равно девяти. Самую большую опасность представляют районы в южной части города, поскольку они находятся выше относительно потока движения минеральных вод. Общая величина утечек составляет более 60 тыс. м³/сут., из которых 30 тыс. м³/сут. приходится на сточные воды [2, 13, 14]. В стоках в несколько раз превышены концентрации тяжелых металлов, фосфатов, азотсодержащих соединений, нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ и др. Совместное воздействием климатических и антропогенных факторов на рабочие горизонты, содержащие минеральные воды типа нарзан, выразилось в систематическом подъёме динамических уровней, а также в падении кондиционного состава минеральных вод. Это хорошо видно на графиках динамического уровня по сети наблюдательных скважин (рис. 2). Несмотря на довольно интенсивный водоотбор из скважин, отмечается практически повсеместный рост динамических уровней. Тенденция присуща

всем водоносным горизонтам. По величинам общей минерализации и содержания диоксида углерода тенденция обратная. Хронологические графики свидетельствуют о преимущественном снижении величины общей минерализации и содержания диоксида углерода (рис. 3). По скважине № 5/0-бис падение кондиций особенно существенно. Минерализация воды в ней упала от 1,8–2,0 до 1,1 г/дм³, количество диоксида углерода — от 1,0 до 0,3 г/дм³, в связи с чем она вышла из разряда минеральных. Исключением является лишь скважина № 23, где по общей минерализации отмечен рост от 5,5 до 7,0 г/дм³. Указанные процессы являются следствием поступления в водоносные горизонты в большом количестве более пресных вод атмосферного генезиса и утечек из водопроводных сетей. Стоки от неканализованных районов являются источником бактериологического загрязнения минеральных вод. Уровень бактериологического загрязнения особенно высок в источнике «Нарзан» и скважине № 5/0-бис, расположенных в непосредственной близости от областей выхода отложений на дневную поверхность в южной части

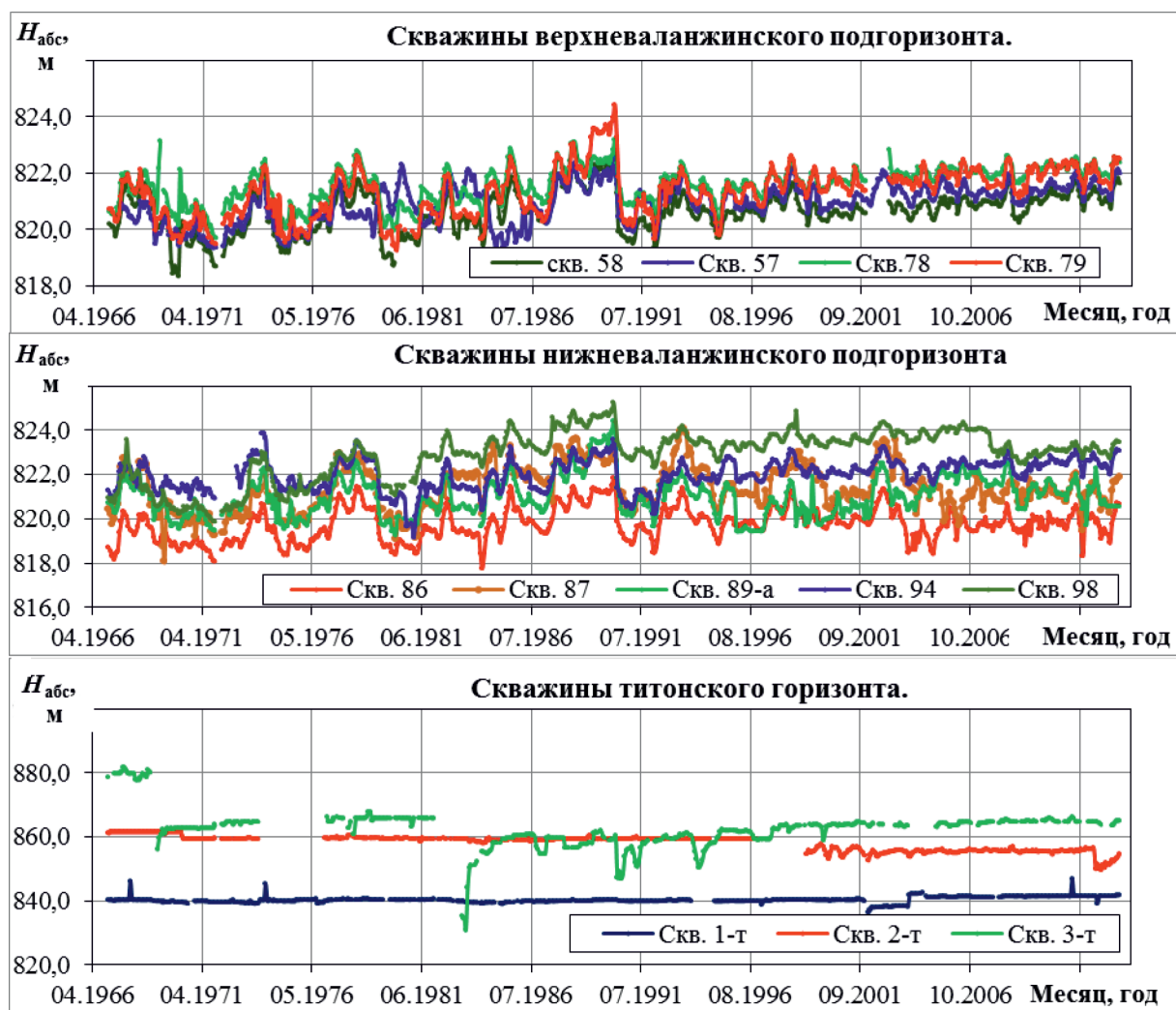


Рис. 2. Хронологические графики динамического уровня в скважинах режимной сети

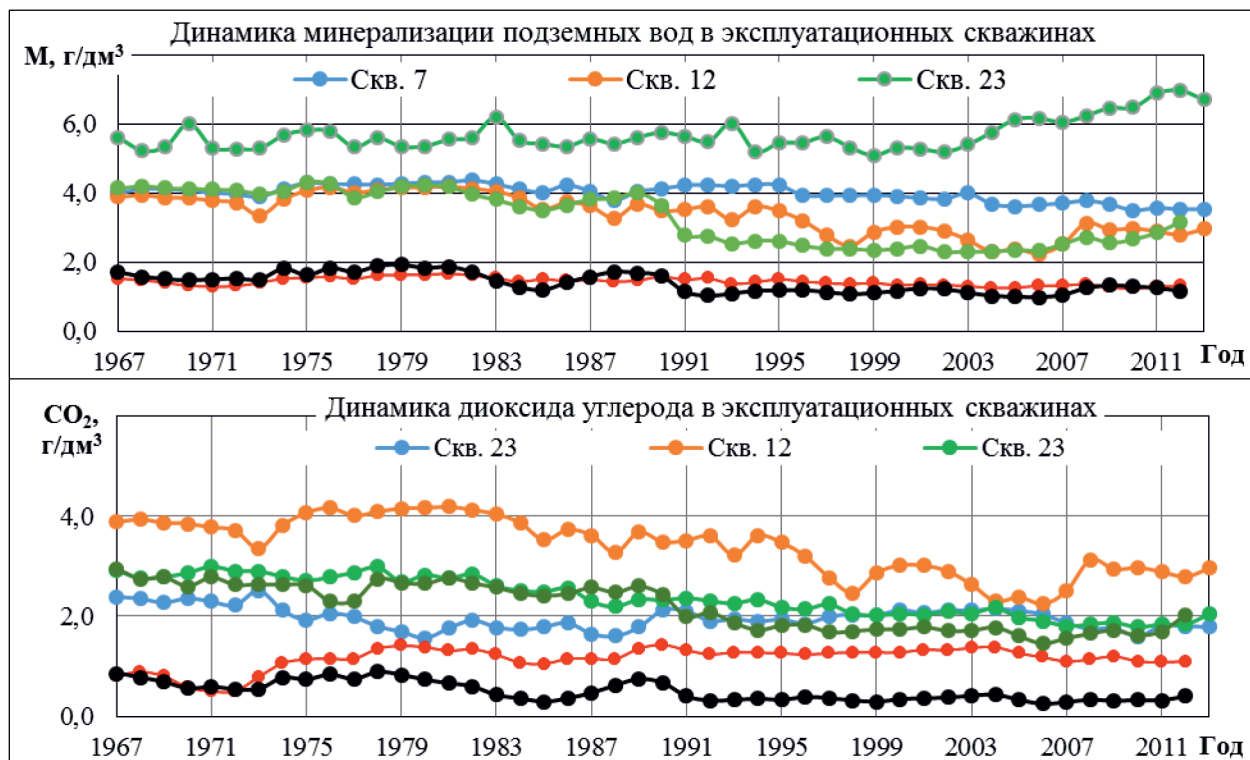


Рис. 3. Динамика минерализации и углекислоты в эксплуатационных скважинах

месторождения. Здесь отмечается гидравлический или капиллярно-гидравлический режим связи с поверхностными и грунтовыми водами. Вода источника «Нарзан» является бактериологически грязной еще с 1936 г., в связи с чем он используется только для ваннных процедур. Вода скважины № 5/0-бис имеет бактериологическое загрязнение с 1993 г., и учитывая к тому же потери кондиций, с этого времени не эксплуатируется.

Конечно, на гидродинамический и гидрогеохимический режимы эксплуатации скважин существенное влияние оказывает их взаимодействие, в связи с чем для более точной оценки многолетних тенденций использовался гидравлический метод прогнозирования в сочетании с многомерным регрессионным анализом. Уравнение гидравлики, описывающее процесс формирования динамического уровня в скважинах, имеет вид [1]:

$$H_i(t) = H_{i0} + \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} Q_j - \alpha_i W - S_i, \quad (1)$$

где $H_i(t)$, H_{i0} — текущее и начальное положение динамического уровня в i -й наблюдательной скважине соответственно; α_{ij} — коэффициенты взаимодействия j -й эксплуатационной скважины с i -й наблюдательной; Q_j — дебит j -й эксплуатационной скважины; W_a — величина атмосферных осадков; α_i — коэффициент, учитывающий долю инфильтрационного питания в атмосферных осадках; S_i — временной срез уровня; t — текущее время. Коэффициенты α_{ij} , α_i — подлежат определению.

Решение выполнялось с использованием многофакторного регрессионного анализа. Рассматривалась линейная модель первого порядка с n независимыми переменными. Зависимость (1) показывает, что изменение уровня в рассматриваемой скважине представляет собой сумму «мгновенных» срезов от работы всех взаимодействующих скважин, и временного среза, характер которого в общем случае определяется граничными условиями пласта. Это может быть логарифмическая, показательная, линейная, либо более сложная функция, в зависимости от конфигурации границ в плане, разрезе и условий питания водоносных горизонтов. Рассматривая относительно длительные шаги наблюдений и особенности Кисловодского месторождения, независимо от граничных условий временной срез может быть представлена линейной функцией с погрешностью не более 20 %, и уравнение (1) трансформируется:

$$H_i(t) = H_{i0} + \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} Q_j - \alpha_i W - V_i t, \quad (2)$$

где V — среднемноголетние темпы изменения уровня, комплексно учитывающие процессы откачки, инфильтрации, утечки из сетей.

Для решения (2) использовался многомерный регрессионный анализ. Рассматривалась регрессионная линейная модель первого порядка с несколькими независимыми переменными.

Таблица 1

Коэффициенты уравнения регрессии по наблюдательным скважинам

Номер скважины	b_0	$b_{\text{ист}}$	$b_{5/0}$	$b_{5/0-\text{бис}}$	$b_{\text{сев}}$	b_w	V_t м/год
57	819,23	0,00060	-0,00080	-0,00050	-0,00008	0,0045	0,044
78	820,22	0,00043	-0,00202	-0,00060	-0,00012	0,0036	0,052
79	819,81	0,00046	-0,00278	-0,00170	0,00000	0,0054	0,056
86	818,41	0,00055	-0,00320	-0,00003	-0,00118	0,0059	0,017
87	818,87	0,00115	-0,00140	-0,00140	-0,00064	0,0040	0,011
89-а	819,17	0,00040	-0,00197	-0,00140	0,00000	0,0066	0,043
94	820,47	0,00038	-0,00100	-0,00210	-0,00048	0,0047	0,064
98	822,41	0,00051	-0,00330	-0,00250	0,00000	0,0028	-0,007

Примечание. b_0 $b_{\text{ист}}$ $b_{5/0}$ $b_{5/0-\text{бис}}$ $b_{\text{сев}}$ — коэффициенты уравнения регрессии по каждой скважине; b_w — коэффициент инфильтрационного питания; V_t — среднемноголетние темпы изменения уровня (районные темпы).

Гидродинамический режим месторождения. Анализ режима проводился по наблюдательным скважинам. Изучались закономерности динамики уровня с использованием уравнения (2). Основная задача — установить закономерности изменения динамического уровня в зависимости от нагрузок на эксплуатационные скважины и многолетних районных темпов. В расчётах использовались среднемесячные уровни и дебиты наиболее водообильных каптажей.

При выполнении многофакторного анализа должен выполняться ряд условий. Число точек наблюдений должно быть в 6—10 раз больше, чем число переменных; соотношение факторов $\max/\min$ должно быть равно 2—3; модель должна быть проверена на статистическую устойчивость. Решение уравнения (2) выполнялось с использованием процедуры Гаусса. Результаты регрессионного анализа и сопоставление с фактическими значениями изображены графически на рис. 4. Коэффициенты уравнения регрессии представлены в табл. 1. Как следует из табл. 1, практически по всем наблюдательным скважинам отмечается многолетний рост динамических уровней со скоростью от 1,0 до 6,0 см/год. Можно согласиться с тем, что коэффициент уравнения регрессии (b_w) не учитывает антропогенные факторы, а только — климатические, однако характер воздействия антропогенных факторов аналогичен влиянию инфильтрации, поскольку основные утечки происходят в весенний и летний сезоны, и значительно ниже — осенью и зимой. Коэффициенты при скважинах позволяют также установить радиус зоны влияния каждой в виде изолиний b_i , и оценить степень взаимодействия между эксплуатационными скважинами.

Гидрогеохимический режим месторождения. Анализ режима выполнялся по аналогичной схеме, но анализировались не наблюдательные скважины, а эксплуатационные. Гидрогеохимический режим оценивался по величине общей минерализа-

ции и содержанию диоксида углерода. Рассматривалась следующая модель:

$$m_t = m_0 + b_i Q_i + b_j Q_j + V_m t. \quad (3)$$

Физический смысл параметров уравнения (3) аналогичен (2). Решение дано в графической форме. Вычисленные коэффициенты уравнения регрессии сведены в табл. 2. На рис. 5 представлены графики сопоставления расчётных и фактических значений общей минерализации и содержания диоксида углерода. Сходимость результатов достаточно высокая, среднеквадратическая погрешность не превышает 16 %, что можно рассматривать как хороший результат. Анализ коэффициентов показывает, что валанжинские подгоризонты характеризуются повсеместным падением и общей минерализации, и содержания диоксида углерода. Исключение составляет лишь скважина № 7, по которой отмечен рост содержания диоксида углерода в титонском горизонте (скв. 1-ОП; 23), установлена тенденция роста общей минерализации, однако концентрация диоксида углерода здесь снижается.

Таким образом, анализ данных гидрогеологического мониторинга за 50 лет позволяет утверждать, что ситуацию в районе Кисловодского месторождения следует рассматривать как близкую к критической. Это выражается в накоплении загрязняющих веществ в педосфере, бактериологическом загрязнении валанжинских горизонтов в краевой (южной) части месторождения, ростом динамических уровней, падением кондиций минеральных вод рабочих горизонтов, содержащих воду типа нарзан. Основных причин негативного воздействия на экологическую ситуацию множество. Это особенности ландшафта, способствующие накоплению загрязняющих веществ в педосфере и формирующие потенциальные источники загряз-

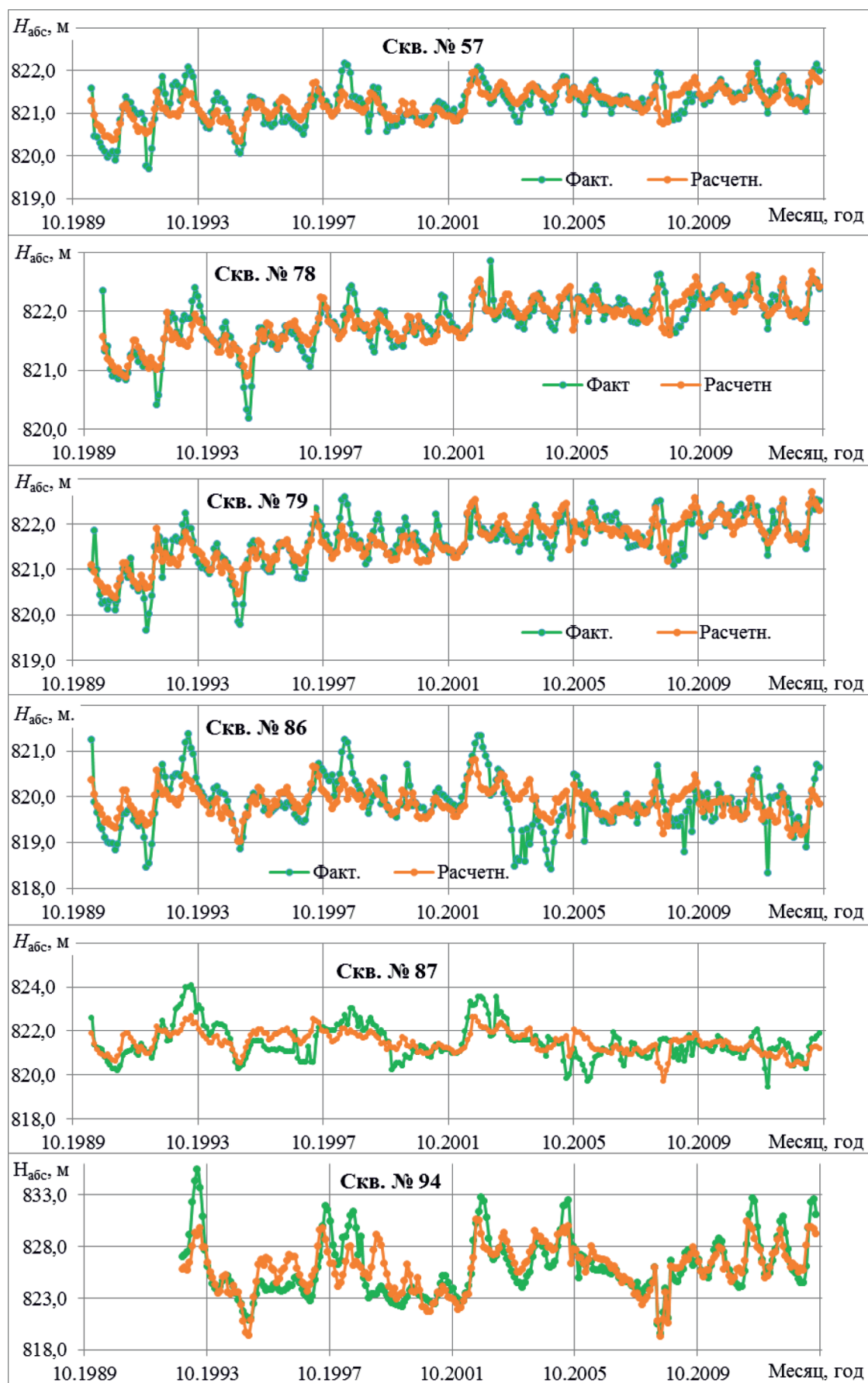


Рис. 4. Сопоставление расчётных и фактических уровней в наблюдательных скважинах

Таблица 2

Таблица коэффициентов уравнений регрессии эксплуатационных скважин

Источник	b_0	$K_{5/0}$	$K_{5/0 \text{ вис}}$	$K_{\text{ист}}$	$K_{107Д}$	K_{107}	V_t г/дм ³ /год	D, %
Минерализация подземных вод, г/дм ³								
Источник «Нарзан»	1,894	-0,00037	-0,00031	-0,00004	-0,00023	0,00047	-0,0113	3,74
Скв. № 5/0-бис	3,072	-0,00181	-0,00068	-0,00045	-0,00021	0,00026	-0,0210	8,04
Скв. № 5/0	6,792	-0,00188	-0,00141	-0,00088	-0,00050	0,00591	-0,0596	7,14
Концентрация диоксида углерода, г/дм ³								
Источник «Нарзан»	1,425	-0,00070	-0,00044	0,00003	0,00012	-0,00068	-0,0050	11,37
Скв. № 5/0-бис	1,356	-0,00133	-0,00013	-0,00017	0,000158	0,00039	-0,0153	15,59
Скв. № 5/0	3,784	-0,00033	-0,00060	-0,00036	-0,00019	0,00201	-0,0328	7,56
Минерализация подземных вод, г/дм ³								
Скв. № 7	4,294	-0,00013	-0,00023	0,000127	0,04678	-0,00039	-0,0193	2,32
Скв. № 12	5,284	-0,00152	-0,00102	-0,00041	0,20831	-0,00018	-0,0407	8,14
Скв. № 1-ОП	5,524	0,00287	-0,00022	0,000290	-0,06019	-0,00020	0,02108	3,40
Скв. № 23	5,684	-0,00075	0,00068	0,000030	-0,26108	0,00112	0,00956	4,72
Концентрация диоксида углерода, г/дм ³								
Скв. № 7	1,436	0,00034	0,00089	0,00024	-0,1267	-0,00012	0,00128	7,39
Скв. № 12	2,478	-0,00022	-0,00006	-0,00010	0,00431	-0,00033	-0,0114	9,90
Скв. № 1-ОП	2,443	-0,00040	0,00006	0,000130	0,02853	0,00022	-0,0207	4,64
Скв. № 23	3,267	-0,00039	0,00005	0,000060	-0,07415	0,00024	-0,0340	3,78

Примечание. * Коэффициент при рассматриваемой скважине; ** обобщенный коэффициент влияния Северного фланга Центрального участка; d — среднеквадратичная погрешность.

нения, рост атмосферных осадков, приводящих к падению кондиций минеральных вод типа нарзан, стоки из неканализованных посёлков и утечки из сетей (в том числе и канализационных), которые приводят к бактериологическому загрязнению и падению кондиций минеральных вод. Впервые о необходимости канализовать хотя бы южную, самую уязвимую зону указывалось ещё в протоколе ГКЗ СССР № 1587 от 19.02.1957 г., однако с тех пор ситуация только ухудшилась, поскольку население увеличилось почти вдвое, а инженерные сети практически не ремонтировались.

Санаторно-курортная база Кисловодского курорта насчитывает 48 лечебных учреждений, для которых гидроминеральная база является основой во многих лечебных процедурах. Основным источником бальнеолечения является источник «Нарзан». Самоизлив источника вполне удовлетворяет все потребности санаторно-курортного комплекса, однако основные проблемы заключаются в постоянно ухудшающемся качестве воды. Это снижение общей минерализации, концентрации диоксида углерода (основной биологически активный компонент), бактериологическая загрязненность (97 % проб). Для нейтрализации бактериологического загрязнения в минеральную воду перед подачей её в ванне отделения в настоящее время добавляется сернокислосое серебро. Метод довольно спорный, поскольку сернокислосое серебро — это вещество

второй группы опасности, характеризуется высоким уровнем резорбции, способно накапливаться в почках, печени, слизистой оболочке, плохо выводится из организма. Источник «Нарзан» — это символ Кисловодска, собственно благодаря ему и появился город. В связи с этим желание сохранить источник не просто как бутафорию вполне объяснимо. По этим причинам предлагается решение, которое позволит не только сохранить источник, но и существенно повысить его качественные показатели. На карте эколого-гидрогеологического районирования территории района источника «Нарзан» (рис. 6) самая неблагоприятная зона (I) охватывает чуть ли не половину всего Центрального участка. Здесь воды верхневаланжинского подгоризонта являются грунтовыми, и имеют гидравлический режим связи с поверхностными водами и водами инфильтрационного генезиса. Именно в этой зоне расположено большинство неканализованных посёлков. Самой неблагоприятной является зона, к юго-востоку от источника. Это основной путь поступления бактериологического загрязнения в источник «Нарзан». Чтобы избавиться от бактериологического загрязнения, а также повысить качество минеральных вод достаточно создать довольно простую дренажную систему вокруг каптажа источника. Система представляет собой четыре скважины глубиной от 30 до 60 м, каптирующие верхний валанжин и четвертичный горизонты од-

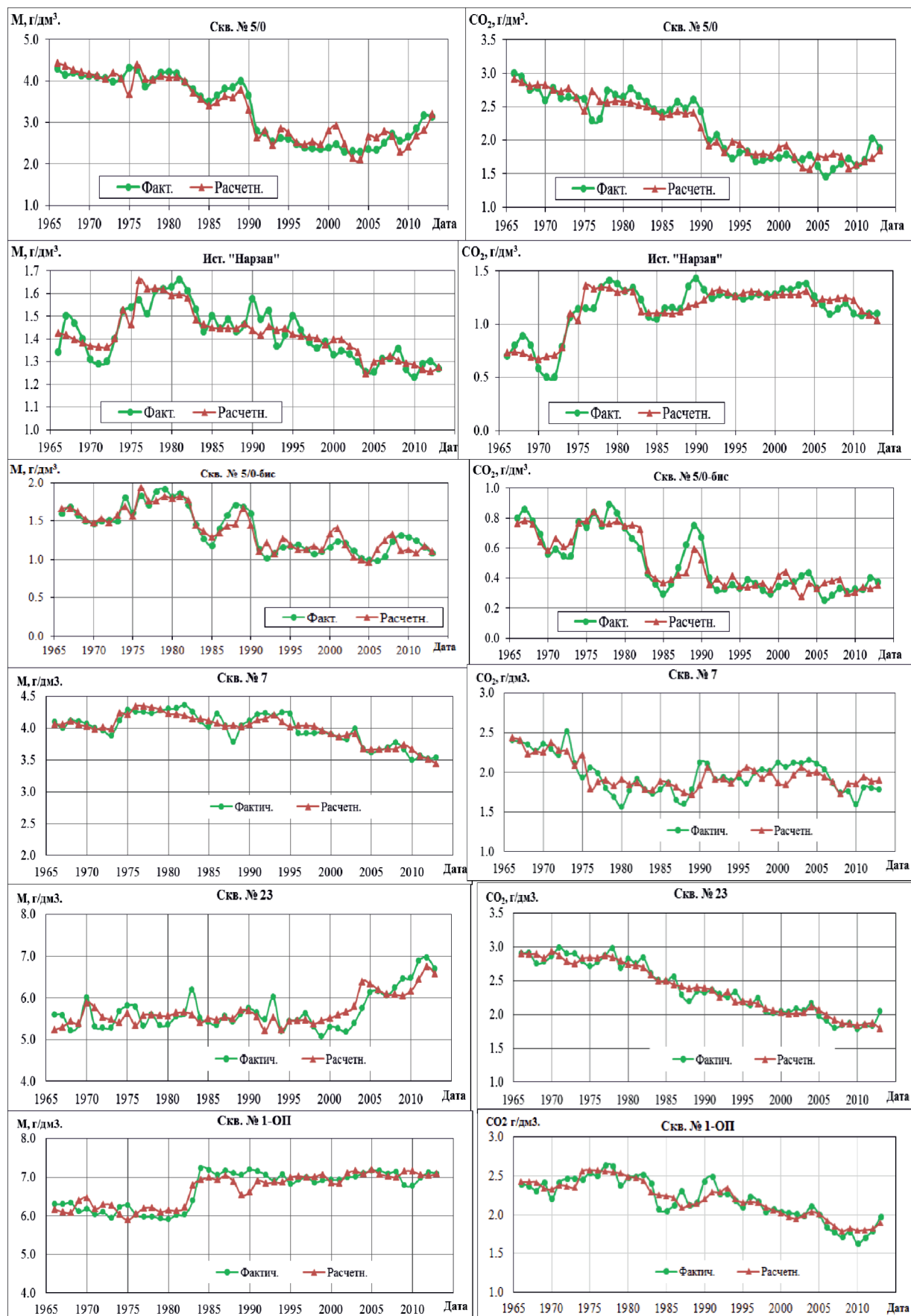


Рис. 5. Сопоставление расчётных и фактических значений минерализации и диоксида углерода по эксплуатационным скважинам

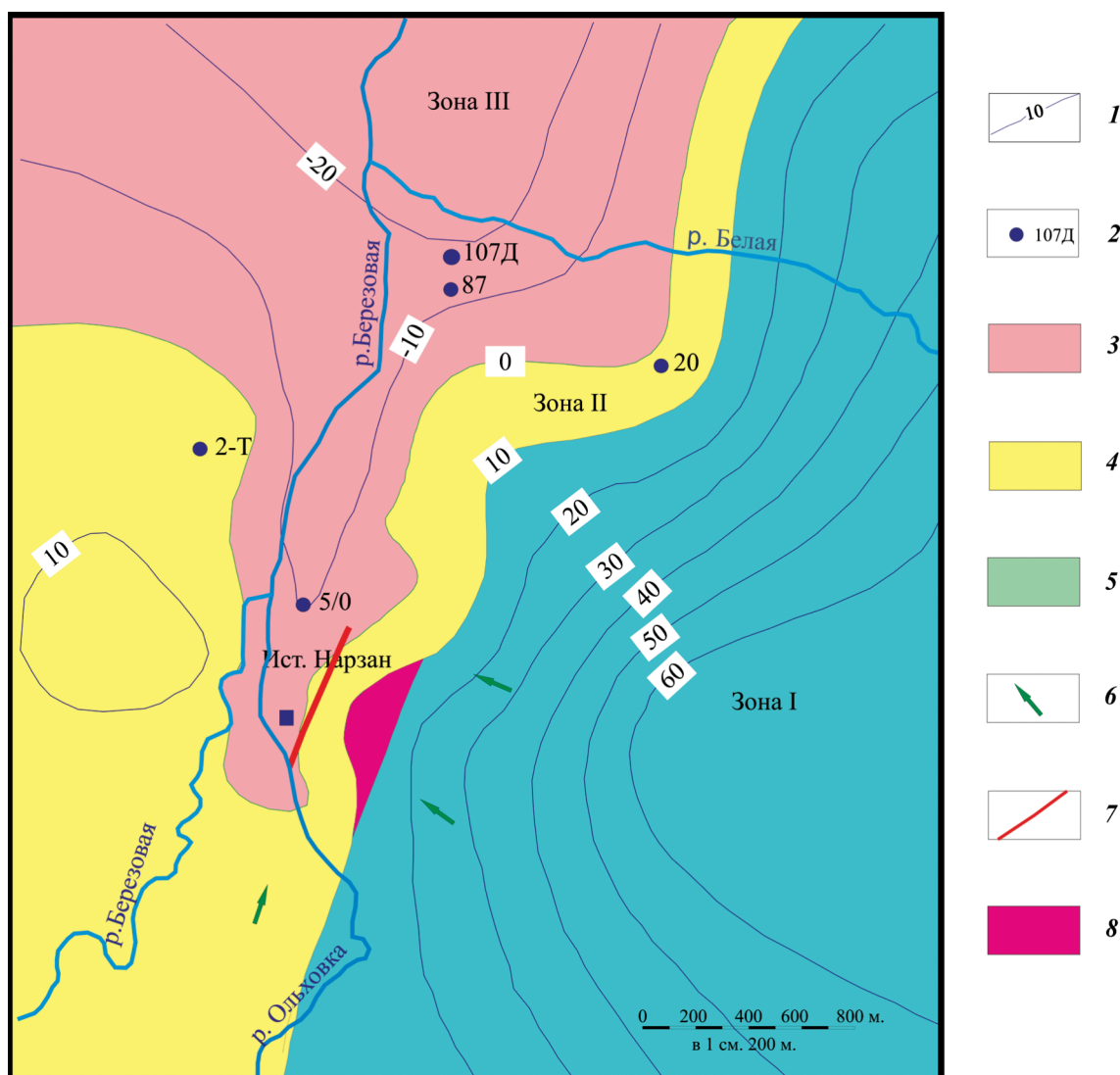


Рис. 6. Карта эколого-гидрогеологического районирования Центрального участка Кисловодского месторождения минеральных вод: 1 — изолинии разницы отметок поверхности земли и уровня валанжина, м; 2 — скважина и её номер; 3 — зона высокой степени защищенности от грунтовых вод, где уровни валанжина выше уровня грунтовых вод; 4 — зона относительной степени защищенности от грунтовых вод; 5 — зона слабой степени защищенности от грунтовых вод; 6 — направление подземного потока верхнего валанжина; 7 — дренажная система; 8 — зона максимальной опасности бактериального загрязнения

новременно, объединённые общим коллектором. Основная задача дренажной системы — снижение уровня по её оси на 4,0 м. Тогда южнее источника образуется локальная депрессия, которая будет «собирать» всё загрязнение, проходящее через верхневаланжинский подгоризонт, а также пресные воды и сбрасывать их в р. Ольховка. Таким образом, часть более пресных вод верхнего валанжина в самом источнике будут перехвачены дренажной системой, что естественно понизит дебит, но улучшит качество воды.

Аналогичные проблемы, связанные с загрязнением бытовыми и техногенными отходами, наблюдаются и в гидросфере всего региона КМВ. Решение данных проблем требует системного подхода для обеспечения технологической и экологи-

ческой безопасности эксплуатации гидроминеральной базы и региона.

Цель создания такой системы — сохранение гидроминеральной базы региона (например, региона Кавказских Минеральных Вод [6]).

Процедура решения поставленной задачи:

1. Определение оптимального числа добывающих скважин.
2. Установление допустимых технологически безопасных режимов эксплуатации месторождений минеральных вод (целевых функции для систем управления параметрами месторождений).
3. Организация системы контроля и мониторинга ключевых показателей добывающей отрасли.

4. Составление долгосрочных прогнозов развития процессов в гидrolитосфере региона.

Технологически и технически не существует проблем, препятствующих решению поставленной задачи — *сохранения гидроминеральных источников региона*.

В результате проведенной научной и исследовательской работы разработаны:

1. Методика верификации математических моделей, описывающих динамику развития процессов и позволяющих оценить характер и тенденции в развитии гидrolитосферы региона, охватывающего периоды упреждения в несколько десятков лет [3, 4, 12].

2. Методы моделирования гидrolитосферных процессов в регионе КМВ [4, 5, 11].

3. Методика определения оптимальных нагрузок на водоносные горизонты исходя из тре-

бований ГКЗ РФ, экологии, санитарной гигиены и долгосрочных планов эксплуатации гидроминеральной базы региона, которая позволяет определить целевые функции систем управления параметрами гидrolитосферных процессов [6–8].

4. Методика определения оптимального числа добывающих скважин [2, 9].

5. Методика синтеза распределённых систем управления, позволяющая проектировать системы управления параметрами гидrolитосферы [4, 10, 15].

Следует отметить, что проблема управления гидrolитосферными процессами требует перехода на принципиально новую концепцию — *обеспечение технологической и экологической безопасности эксплуатации гидроминеральной базы региона в целом*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочеввер Ф.М. Теория и практические методы гидрогеологических расчетов эксплуатационных запасов подземных вод. М.: Недра, 1968. 325 с.
2. Кисловодское месторождение углекислых минеральных вод: Системный анализ, диагностика, прогноз, управление / А.В. Малков, И.М. Першин, И.С. Помеляйко и др. М.: Наука, 2015. 283 с.
3. Малков А.В., Першин И.М. Синтез распределенных регуляторов для систем управления гидrolитосферными процессами. М.: Научный мир, 2007. 364 с.
4. Малков А.В., Першин И.М. Системы с распределенными параметрами. Анализ и синтез. М.: Научный мир, 2012. 476 с.
5. Першин И.М., Веселов Г.Е., Першин М.И. Синтез распределенных систем управления гидrolитосферными процессами месторождений минеральных вод // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. № 8. С. 123–137.
6. Першин И.М., Малков А.В., Дубогрей В.Ф. Методика синтеза распределенных систем управления режимами эксплуатации месторождений минеральных вод // Известия вузов. Геология и разведка. 2012. № 2. С. 76–81.
7. Першин И.М., Малков А.В., Криштал В.А. Построение системы управления параметрами эксплуатации системы добычи минеральной воды в регионе КМВ // Современная наука и инновации. 2013. № 1. С. 17–23.
8. Першин И.М., Малков А.В., Першин М.И. Оперативное и стратегическое управление режимами эксплуатации гидrolитосферных объектов // Недропользование XXI век. 2014. № 6. С. 40–48.
9. Першин И.М., Малков А.В., Першин М.И. Оптимизация количества водозаборных скважин при эксплуатации месторождений минеральных вод // Недропользование XXI век. 2015. № 1 (51). С. 100–104.
10. Першин И.М., Малков А.В., Цаплева В.В. Технологическая безопасность эксплуатации гидроминеральных источников // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. № 4(129). С. 25–31.
11. Першин И.М., Помеляйко И.С. Системный анализ экологического состояния зоны гипергенеза курорта Кисловодска // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2013. № 3(36). С. 74–80.
12. Першин М.И. Проектирование системы управления параметрами Кисловодского месторождения минеральных вод. Технологии развития курортно-рекреационного комплекса СКФО // Сборник трудов 2-й ежегодной научно-практической конференции преподавателей, студентов и молодых ученых СКФУ «Университетская наука — региону». Т. 1. Пятигорск: Изд.-во СКФУ, 2014. С. 143–156.
13. Постановление Правительства Ставропольского края от 28.09.2009 N 255-п (ред. от 27.12.2012) «О краевой целевой программе Модернизация жилищно-коммунального комплекса Ставропольского края на 2010–2012 годы». Электронный ресурс <http://docs.cntd.ru/document/461502534> — дата обращения 23.12. 2015.
14. Стратегия социально-экономического развития города-курорта Кисловодска на период до 2020 года. Кисловодск: Пятигорский филиал СКАГС, 2010. 80 с.
15. Martirosyan A.V., Martirosyan K.V., Pershin I.M. Analysis of the Caucasus Mineral Waters' Field's Modeling // Modern Applied Science. 2015. Vol. 9, No. 1. ISSN 1913–1844 E-ISSN 1913–1852. Published by Canadian Center of Science and Education. P. 204–210.