

УДК 556.38

МОНИТОРИНГ БОРЖОМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛЕКИСЛЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД КАК ИНФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА ИХ ИЗУЧЕНИЯ И ПЕРЕОЦЕНКИ ЗАПАСОВ

© 2019 г. И. Н. Секерина

ЗАО «Гидрогеологическая и геоэкологическая компания»,
ул. 15-Парковая, 10а, Москва, 105203 Россия
E-mail: sekerina@hydec.ru

Поступила в редакцию 31.01.2019 г.

В статье в качестве примера использования данных мониторинга для обоснования оптимальной схемы водозабора минеральных вод с целью прироста запасов рассмотрены результаты опытно-промышленной эксплуатации Центрального участка Боржомского месторождения в 2015–2018 гг. В результате ведения работ на участке месторождения, эксплуатируемого заводами по розливу вод, подбор оптимальных нагрузок по скважинам производился в несколько этапов, которые соответствуют трем гидродинамическим периодам – неравномерного отбора, форсированного режима и сбалансированной эксплуатации. Стабилизация уровней на последнем периоде эксплуатации при суммарном водоотборе по участку в 282 м³/сут послужила основой для обоснования прироста запасов.

Ключевые слова: месторождение углекислых минеральных вод, подземные воды, водоотбор, мониторинг, опытно-промышленная эксплуатация, режим эксплуатации, прирост запасов.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019383-89>

Боржомская минеральная вода из-за ее высокой бальнеологической ценности является одним из крупнейших естественных богатств Грузии. На базе Боржомского месторождения углекислых минеральных вод, как и в советский период, продолжают работу санатории, а также два завода по розливу вод. Основной объем добываемой воды расходуется на их промышленный розлив.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Боржомское месторождение углекислых минеральных вод расположено на территории города-курорта Боржоми и прилегающих сел республики Грузии. В гидрогеологическом отношении месторождение относится к центральной части Аджаро-Триалетской водонапорной системы – северо-западной окраине гидрогеологической структуры Малого Кавказа Крымско-Кавказской гидрогеологической области. Минеральные воды боржомского типа с минерализацией 5–7.5 г/л приурочены к трещиноватым карбонатным отложениям (верхнемеловой-нижнепалеоценовый водоносный комплекс), осложненным структурными складками, которые сопровождаются формированием геодинамических зон сжатия

и растяжения, а также разрывными проводящими и экранирующими сбросовыми нарушениями линейного типа (рис. 1). Продуктивный комплекс выходит на дневную поверхность вдоль сводовой части Боржомской антиклинальной складки, где находится его основная область естественной разгрузки. Сверху комплекс перекрыт слабопроницаемой толщей флишевых отложений среднего палеоцена – нижнего эоцена, представленных песчано-глинистой толщей. Этот горизонт локально обводнен водами боржомского типа с минерализацией 2–5 г/л. Гидрогеологические условия Боржомского месторождения более подробно рассмотрены Г.С. Вартапяном и др. [1].

ИСТОРИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

История эксплуатации Боржомского месторождения ведет свое начало от 1894 г., когда на Центральном участке месторождения были закаптивированы 2 минеральных источника "Екатерининский" и "Евгеньевский" с суммарным дебитом до 90 м³/сут. В 1929 г. были пробурены первые скважины. Во второй половине 1950-х годов были разведаны и введены в эксплуатацию еще два участка Боржомского месторождения: Ликанский и Вашловани-Квибисский.

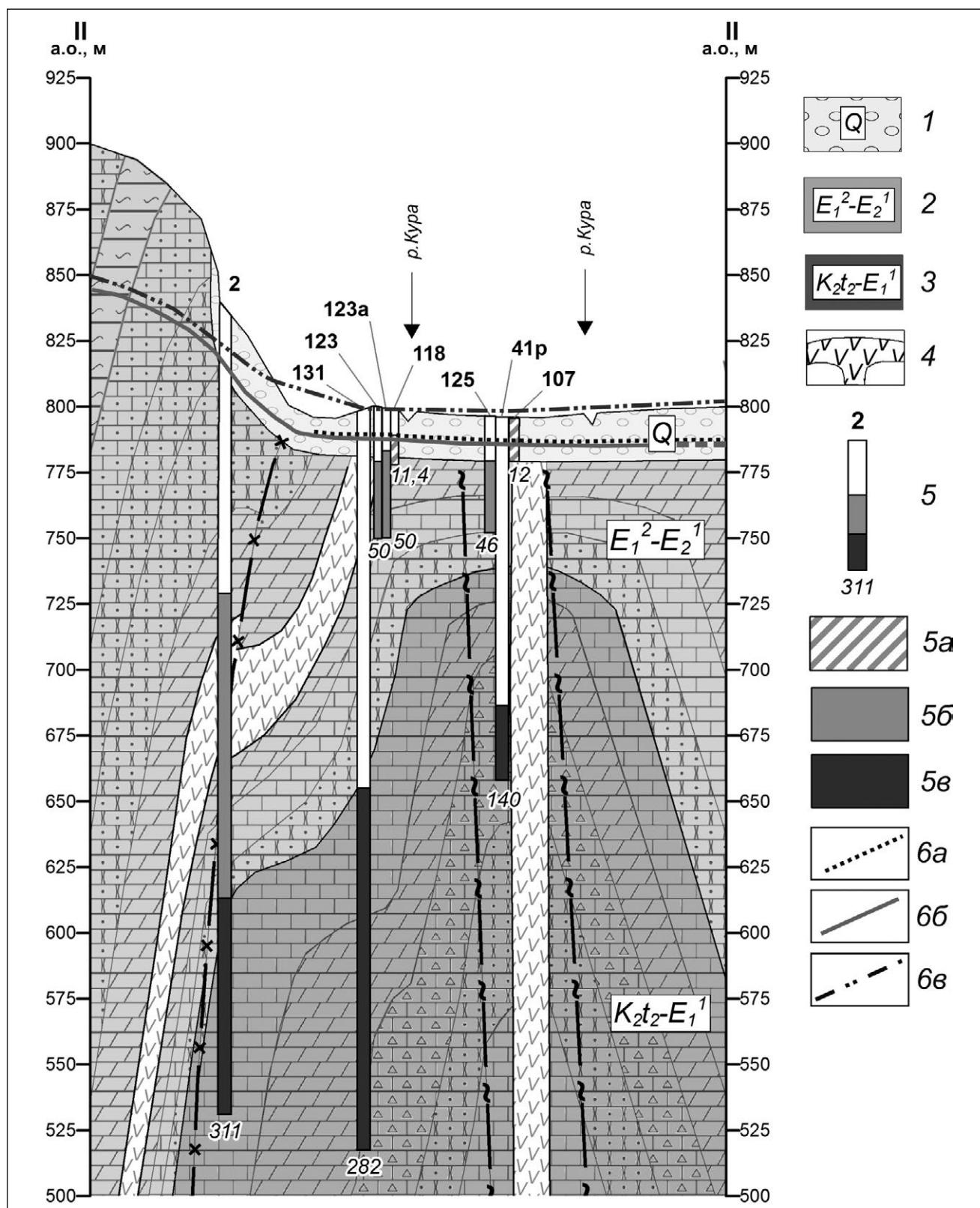


Рис. 1. Схематический геолого-гидрогеологический разрез Боржомского месторождения. 1-3 – водоносный комплекс: 1 – четвертичных образований; 2 – боржомского флиша среднепалеоценовых и нижнеэоценовых отложений; 3 – нижнепалеоценовых и верхнемеловых карбонатных отложений; 4 – дайки и силлы диабазов; 5 – скважина (цифры: сверху – ее номер, снизу – глубина (м), закраска опробуемого интервала соответствует гидрокарбонатным водам с минерализацией (г/л): а – до 2, б – 2-5, в – 5-7.5; б – уровень подземных вод водоносного комплекса (горизонта): а – четвертичных образований, б – боржомского флиша, в – нижнего палеоцена-верхнего мела.

За весь более чем 120-летний период добычи минеральных вод схема эксплуатации Боржомского месторождения изменялась неоднократно в соответствии с меняющейся во времени потребностью в воде (в общей сложности из двух источников и 37 скважин). В статье рассмотрен Центральный участок месторождения в связи с его наиболее длительной и сложной историей эксплуатации.

Наибольший водоотбор из продуктивного верхнемелового-нижнепалеоценового комплекса по Центральному участку в условиях самоизлива из скважин осуществлялся с 1953 по 1973 г. (рис. 2) – в период масштабных попыток увеличения добычи (со средней величиной 303 м³/сут). Последующее десятилетие характеризуется минимальным отбором для сохранения самоизлива в объеме 128 м³/сут и приближением к стабилизации. С 1982 до 2015 г. Центральный участок эксплуатировался сбалансированно со средней величиной отбора 174 м³/сут. Анализ опыта эксплуатации Центрального участка Боржомского месторождения в период 1953–2015 гг. показывает постепенное снижение водоотбора во времени, продиктованное условием сохранения самоизлива на устье эксплуатационных скважин.

ПОСТАНОВКА РАБОТ

В настоящее время розлив минеральной воды осуществляется IDS BORGOMI BEVERAGES CO.N.V. В последнее пятилетие в связи с расширением мощностей заводов розлива возросла потребность в добыче минеральных вод, и возникла необходимость в обосновании оптимального способа эксплуатации применительно

к увеличенной потребности. Информационным обеспечением для обоснования оптимальной схемы эксплуатации при переоценке запасов является анализ опыта эксплуатации месторождения в разные периоды времени при разных нагрузках.

В настоящей статье в качестве примера использования данных мониторинга для обоснования оптимальной схемы водозабора минеральных вод рассмотрены результаты опытно-промышленной эксплуатации Центрального участка Боржомского месторождения с 2015 по 2018 г.

С 2014 по 2018 г. ЗАО "ГИДЭК" совместно с IDS BORGOMI GEORGIA вели работы на Боржомском месторождении углекислых минеральных вод (под научно-методическим руководством Боровского Б.В.) с целью обоснования прироста водоотбора из верхнемелового-нижнепалеоценового водоносного комплекса. Исторически условие сохранения самоизлива на скважинах Боржомского месторождения являлось основным критерием, определяющим возможную величину водоотбора. Однако, еще в 1963 г. в соответствии с результатами разведки Боржомского месторождения углекислых вод было показано, что запасы могут быть увеличены "при расширении эксплуатационных площадей и применении принудительного способа эксплуатации с понижением динамических уровней воды в скважинах до уровня грунтовых и речных вод, а на участках, где последние отсутствуют, – до более низких отметок" (Гаглоев и др., 1963). При постановке настоящих работ, выполненных ЗАО "ГИДЭК", предпосылкой возможности увеличения водоотбора по Центральному участку послужила регистрация с 2014 г. восходящей сосредоточенной разгрузки

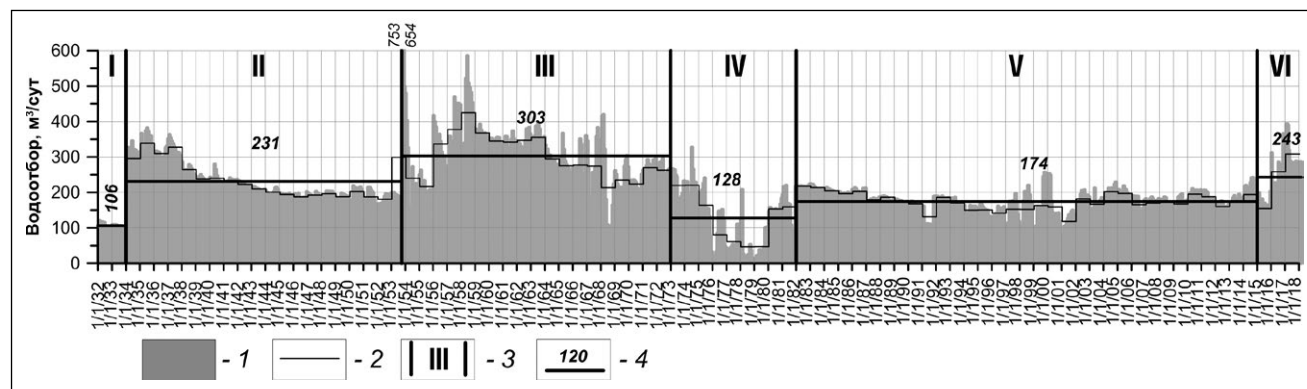


Рис. 2. Основные гидродинамические этапы эксплуатации Центрального участка Боржомского месторождения углекислых минеральных вод с 1932 по 2018 г.: 1 – водоотбор суммарный среднемесячный по участку; 2 – среднегодовой водоотбор; 3 – основные этапы гидродинамического режима по участку (количество скважин (источников) добывающих воду на этапе); I-VI период: I – естественного и слабонарушенного режима (2 ист. + 2 скв.), II – расширения территории Центрального участка (2 ист. + 6 скв.), III – масштабных попыток увеличения добычи (9 скв.), IV – минимального водоотбора и приближения к стабилизации (8 скв.), V – сбалансированной эксплуатации (6 скв.), VI – опытно-промышленной эксплуатации (8 скв.); 4 – средний водоотбор за гидродинамический этап.

минеральных вод боржомского типа в долине р. Куры. Наличие разгрузки описывалось еще в 20-30-х годах XX в. в работах А. М. Овчинникова и оценивалась им в $500 \text{ м}^3/\text{сут}$ [2], что выше добычи минеральных вод в период 1982-2015 гг. по Центральному участку ($174 \text{ м}^3/\text{сут}$) практически в 3 раза.

В процессе проведения специальных работ для обоснования возможности увеличения суммарного водоотбора была принципиально изменена схема эксплуатации на участке:

- самоизливающиеся скважины по мере снижения напора или расхода были переведены на насосную эксплуатацию;
- скважины стали эксплуатироваться в стабильном режиме отбора;
- ряд наблюдательных скважин с уровнем ниже поверхности земли был введен в эксплуатацию.

В результате управления эксплуатацией с целью прироста водоотбора по участку подбор оптимальных нагрузок по скважинам осуществлялся последовательно (рис. 3):

- изначально суммарный отбор был увеличен на $72 \text{ м}^3/\text{сут}$ (со 154 до $226 \text{ м}^3/\text{сут}$),
- затем отбор был увеличен еще на $139 \text{ м}^3/\text{сут}$ (до $365 \text{ м}^3/\text{сут}$),
- впоследствии произведено сокращение отбора на $83 \text{ м}^3/\text{сут}$ (до $282 \text{ м}^3/\text{сут}$).

В связи с тем, что все работы проводились в условиях работы действующего предприятия по розливу минеральных вод, то необходимое количество воды подавалось на заводы, а оставшая вода — на сброс.

В процессе работ ведущим инженером ЗАО "ГИДЭК" Ракуновым А.Б. была создана система автоматизированного измерения и регистрации показателей гидродинамического режима эксплуатации. Ежедневные режимные наблюдения осуществлялись за уровнями, водоотбором, температурой, газовым фактором. Ежемесячно производился отбор проб воды для наблюдения за геохимическими показателями качества минеральных вод (минерализация, концентрация макроанионов и макрокатионов).

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО РЕЖИМА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО УЧАСТКА

Анализ современного режима — периода опытно-промышленной эксплуатации — производился с помощью выделения отдельных гидродинамических периодов, различающихся изменчивостью суммарного водоотбора и хода изменения напора (уровней). Было выделено 3 гидродинамических периода (см. рис. 3).

Период I характеризуется непостоянством среднего суточного суммарного водоотбора — $154\text{--}471 \text{ м}^3/\text{сут}$. В начале 2016 г. зафиксированы снижение уровней по ряду скважин участка (реакция на самоизлив) и выделение газа при бурении новой скважины 131 (дублер основной эксплуатационной скважины участка 41р). Выделение основного объема газовой смеси произошло с 7 по 20 января 2016 г. со средним дебитом минеральной воды $344 \text{ м}^3/\text{сут}$ и достигло 19 января максимальной величины $1360 \text{ м}^3/\text{сут}$. На самоизлив отреагировали скв. 13, 128, 41р и 102; величина реакции от 0.8 до 4 м.

Период II характеризуется форсированным режимом отбора в $365 \text{ м}^3/\text{сут}$ при совместной эксплуатации скв. 41р и ее дублера скв. 131, что практически в 2 раза превышает величину водоотбора по участку в последние несколько десятилетий. В течение 3 месяцев суммарный средний водоотбор по участку составлял $388 \text{ м}^3/\text{сут}$, а в отдельные моменты времени достигал максимального значения $400 \text{ м}^3/\text{сут}$. Все скважины участка, как наблюдательные, так и эксплуатационные, отреагировали на значительный прирост суммарного водоотбора снижением уровней от 1 до 6.6 м. Отметим, что скорость снижения была существенно выше, чем в последние месяцы I гидродинамического периода. При этом продолжалась разгрузка минеральных вод в долине р. Куры.

Период III (продолжительностью 11 месяцев) характеризуется стабилизацией уровней по всем скважинам при суммарном отборе в $282 \text{ м}^3/\text{сут}$ (превышение на $110 \text{ м}^3/\text{сут}$ по сравнению с отбором 1982-2015 гг., т.е. в 1.5 раза). По самоизливающимся скв. 41р и 59 восстановления уровня за весь гидродинамический этап не произошло. Однако стоит учитывать, что замеры производились устьевыми измерителями, а реальные пластовые уровни по этим самоизливающимся скважинам несколько ниже, и возможно восстановление уровней было бы зарегистрировано по глубинным датчикам. По всем наблюдательным и эксплуатационным скважинам на насосном способе эксплуатации зафиксировано восстановление уровней на 0.3-1 м. По скв. 131 отмечено восстановление на 1.98 м, значительное превышение в восстановлении над другими скважинами участка связано с выводом скважины из эксплуатации перед началом этого периода.

Предметом обсуждения остается вопрос о снижении уровней до 7 м за форсированный II период и последующем их восстановлении лишь на 1 м после снятия нагрузки в $83 \text{ м}^3/\text{сут}$ в III периоде. Для его разрешения требуется дальнейшее изучение водозабора минеральных вод на основе мониторинговых наблюдений.

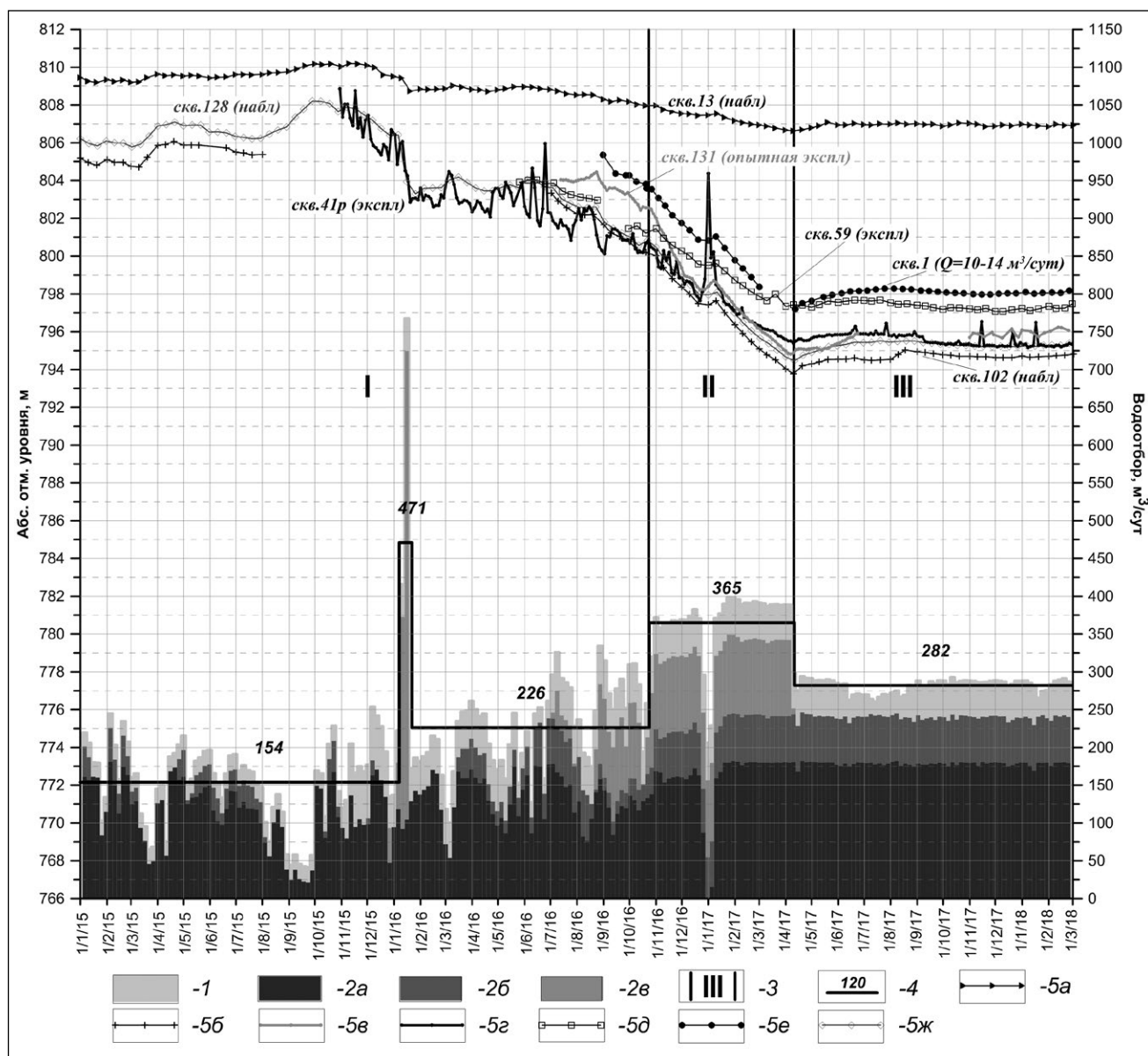


Рис. 3. Гидродинамическая характеристика основных периодов опытно-промышленной эксплуатации Центрального участка Боржомского месторождения углекислых минеральных вод (январь 2015 – февраль 2018 г.): I – суммарный водоотбор по участку (эксплуатационные скважины 1, 21, 21а, 41р, 59, опытные скважины 131, 103); 2 – водоотбор по скважине: а – 41р, б – 59, в – 131; 3 – основной период гидродинамического режима, его название, число скважин, добывающих воду; I- III – период: I – неравномерного режима отбора (5–8 скв.), II – форсированного режима отбора (7 скв.), III – сбалансированной эксплуатации (6 скв.); 4 – средний суммарный водоотбор по участку за гидродинамический период (подпериод); 5 – уровни по скважинам: а – 13, б – 102, в – 131, г – 41р, д – 59, е – 1, ж – 128.

ВЫВОДЫ

Анализ режима опытно-промышленной эксплуатации позволил получить необходимые данные о возможности:

- прироста запасов по верхнемеловому – нижнепалеоценовому водоносному комплексу Центрального участка на основании стабильного режима эксплуатации в течение 11 месяцев в количестве 282 м³/сут;

- эксплуатации участка в форсированном режиме в течение не более 3-х месяцев с отбором 365 м³/сут.

Фиксация разгрузки минеральных вод в долине р. Куры свидетельствует также о возможности превышения ресурсов комплекса над величиной достигнутого отбора.

Обоснованная в процессе опытно-промышленной эксплуатации оптимальная схема работы

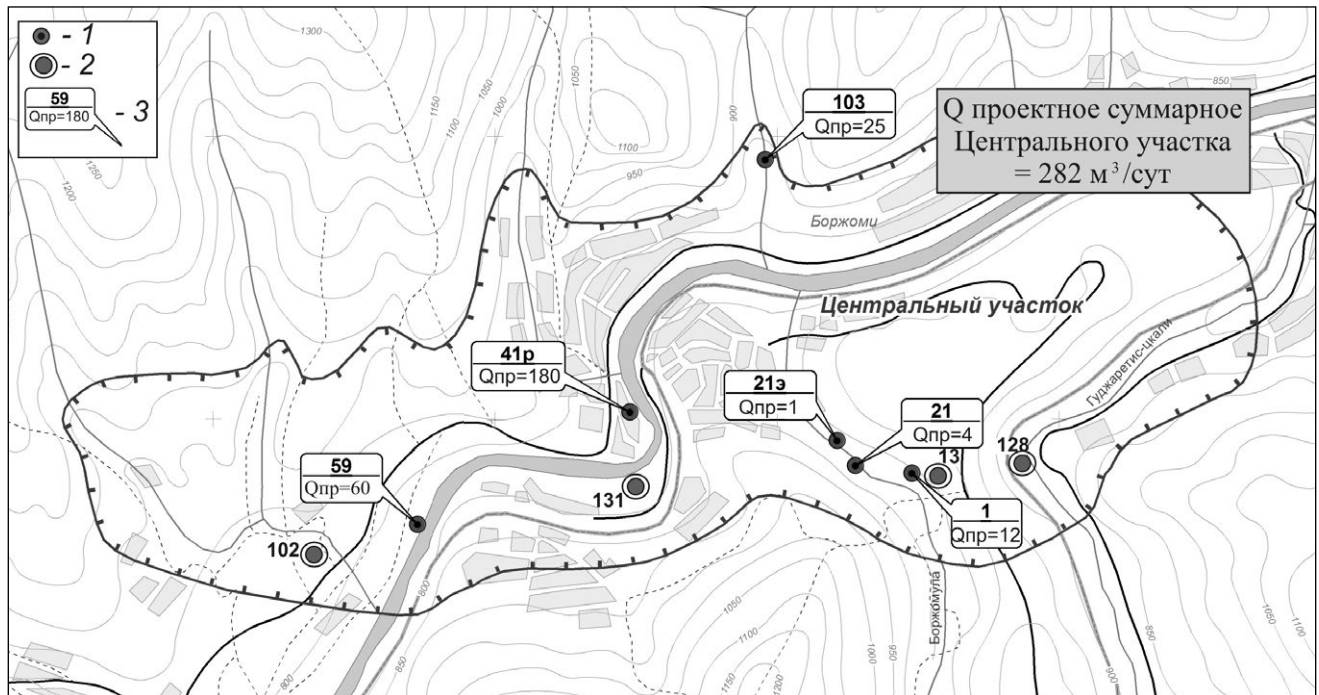


Рис. 4. Оптимальная схема эксплуатации верхнемелового-нижнепалеоценового водоносного комплекса Центрального участка Боржомского месторождения: 1 – эксплуатационные скважины; 2 – наблюдательные скважины системы мониторинга; 3 – проектные нагрузки по эксплуатационным скважинам, м³/сут.

скважин на Центральном участке Боржомского месторождения представляет собой площадную систему 6 скважин, расположенных на расстоянии от 0.1 до 5 км друг от друга с дебитом от 1 до 180 м³/сут. Это позволяет вести эксплуатацию с проектным суммарным водоотбором в 282 м³/сут (рис. 4), необходимым для покрытия перспективной потребности для розлива минеральных вод при сохранении гидродинамических ограничений по понижению уровней в целевом водоносном комплексе и сохранении качества подземных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вартанян Г.С., Плотникова Р.И., Харатишвили Л.А., Чхаидзе Д.В. Гидрогеологическая модель

Боржомского месторождения минеральной воды // Советская геология. 1985. №3. С. 105-113.

2. Чихелидзе С.С. Природные ресурсы Грузинской СССР. Минеральные воды. М.: Академии наук СССР, 1962. Т. 3. 438 с.

REFERENCES

1. Vartanyan, G.S., Plotnikova, R.I., Kharatishvili, L.A., Chkhaidze, D.V. *Gidrogeologicheskaya model' Borjomskogo mestorozhdeniya mineral'noi vody* [Hydrogeological model of the Borjomi deposit mineral water]. *Sovetskaya geologiya*, 1985, no. 3, pp. 105-113. (in Russian)
2. Chikhelidze, S.S. *Prirodnnye resursy Gruzinskoi SSSR. Mineral'nye vody* [Natural resources of the Georgian USSR. Mineral water]. Moscow, Akad. nayk SSSR Publ., 1962, vol. 3, 438 p. (in Russian)

MONITORING OF BORJOMI DEPOSIT OF CARBON DIOXIDE MINERAL WATER AS THE INFORMATIONAL BASIS FOR THE STUDY AND REVALUATION OF RESERVES

© 2019 I. N. Sekerina^{1,*}

¹*HYDEC Closed Joint-Stock Co.,
15th Parkovaya ul., 10a, Moscow 105203, Russia
E-mail: sekerina@hydec.ru

The results of trial production operation in the Central site of Borjomi mineral water deposit during 2015-2018 are analyzed in this article as an example of using monitoring data for the substantiation of water intake optimal scheme. As a result of work at existing bottling plants, the selection of optimal pumping rates for wells was carried out in several stages. The regime analysis identified three hydrodynamic periods: irregular variable water withdrawal, forced operation conditions of wells, and balanced operations. Water level stabilization in the last operation period with the total water withdrawal 282 m³/day was a base for the water reserves revaluation.

Keywords: *deposit of carbon dioxide mineral water, ground water intake, monitoring, trial production operation, regime analysis, water reserves revaluation.*

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019383-89>