

УДК 556

## ОПЫТ ПЕРЕОЦЕНКИ ЗАПАСОВ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ЕССЕНТУКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.А. Маслов\*<sup>1</sup>, Е.А. Байдарико<sup>1</sup>, Н.А. Харитонов<sup>1</sup>, Е.И. Барановская<sup>1</sup>,  
Е.А. Филимонова<sup>1</sup>, Е.С. Максимова<sup>1</sup>, Е.А. Преображенская<sup>1</sup>, А.Ю. Бычков<sup>1</sup>,  
А.С. Сартыков<sup>1</sup>, С.П. Поздняков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, E-mail: maa20070@yandex.ru

### Аннотация

Выполнена переоценка запасов минеральных вод Ессентукского месторождения. В соответствии с действующими нормативными документами прогноз выполнен гидравлическим методом, применяемым для месторождений с исключительно сложными гидрогеологическими условиями. Анализ опыта эксплуатации обычно сводится к оценке максимальных понижений и доказательству стационарности. Предпринята попытка гидрогеодинамического прогноза, основанного на многомерном анализе.

**Ключевые слова:** минеральные подземные воды, оценка запасов, Ессентукское месторождение, опыт эксплуатации, гидравлический метод, анализ временных рядов

## EXPERIENCE OF REESTIMATION OF MINERAL WATER RESOURCES OF THE ESSENTUKI BASIN

A.A. Maslov\*<sup>1</sup>, E.A. Baidariko<sup>1</sup>, N.A. Kharitonova<sup>1</sup>, E.I. Baranovskaya<sup>1</sup>,  
E.A. Filimonova<sup>1</sup>, E.S. Maximova<sup>1</sup>, E.A. Preobrazhenskaya<sup>1</sup>, A.Yu. Bychkov<sup>1</sup>,  
A.S. Sartykov<sup>1</sup>, S.P. Pozdniakov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Moscow State University, Moscow, Russian Federation, E-mail: maa20070@yandex.ru

### Abstract

The mineral water resources of the ESSENTUKI basin have been re-evaluated. Due to the current normative documents, the forecast is made by the hydraulic method, used for area with extremely complicated hydrogeological conditions. The retrospective analysis of Withdrawal is usually limited to the estimation of maximum drawdown and the proof of stationarity. An attempt of hydrogeodynamic prediction was made by multivariate analysis.

**Key Words:** mineral groundwater, resources estimation, Essentuki basin, retrospective withdrawal, hydraulic method, time series analysis

### Введение

Минеральные воды Ессентукского месторождения направляются на курорт федерального значения Ессентуки с целью лечебного питья в бюветах и бальнеологического

оздоровления, а также используются для целей промышленного розлива. Потребителями минеральных вод являются санатории, клиники, больницы г. Ессентуки, заводы розлива, в том числе, ООО «Холдинг Аква» (ООО «ТЭСТИ» и ООО «КМВ-вода»).

В географическом отношении Ессентукское месторождение минеральных подземных вод (ЕМ МПВ) расположено в Ставропольском крае России, в пределах особо охраняемого эколого-курортного региона РФ – Кавказские Минеральные Воды.

Минеральные воды ЕМ МПВ, особенно типа Ессентуки-4 и Ессентуки-17, разливаются на протяжении 150 лет, широко известны в России и за рубежом, сохранение высокого качества подаваемой потребителям воды как в бюветах, так в розлив требует исключительно бережного отношения к организации эксплуатации ЕМ МПВ в целом и продолжения систематических наблюдений за режимом минеральных подземных вод.

Началом исследований ЕМ МПВ является проведенное и опубликованное в 1811 г. врачом Ф. П. Гаазом описание источников солоноватой воды в долине ручья Кислуши, на территории современного Лечебного парка в г. Ессентуки. Началом промышленной эксплуатации ЕМ МПВ можно считать 1912-1914 гг., когда в пределах Центрального участка началась скважинная добыча минеральных подземных вод из первых разведочных скважин. Систематические наблюдения за изменчивостью гидродинамических показателей и учет добываемой воды стали выполняться с середины 30-х годов прошлого века.

В процессе разведки и эксплуатации размер месторождения и состав отдельных его участков неоднократно изменялись, преимущественно в сторону увеличения и в плане, и в разрезе. В настоящее время ЕМ МПВ состоит из 7 лицензионных участков недр: Центральный, Средне-Ессентукский, Бугунтинский, Новоблагодарненский, Горный, Западно-Быкогорский и Быкогорский, которые характеризуются различной степенью геологической изученности по площади и по разрезу. Наиболее хорошо изучен его Центральный участок, имеющий более чем двухвековой опыт эксплуатации и развитую сеть наблюдательных скважин. Впервые оценка запасов минеральных подземных вод ЕМ МПВ, их рассмотрение и утверждение комиссией по запасам полезных ископаемых выполнялись в 1947 г., последний раз в 2021 г. Количество суммарных запасов МПВ изменялось во времени почти в 4 раза от 650,7 (1993 г.) до 2353 м<sup>3</sup>/сут (1988 г.).

При предыдущей переоценке запасов в 2010 г. решением ГКЗ Роснедра утверждены запасы ЕМ МПВ в целом в общем количестве 1446,5 м<sup>3</sup>/сут. Исключая запасы Быкогорского участка (285 м<sup>3</sup>/сут), запасы минеральных вод, утвержденные в 2010 г. перечисленных шести участков составляют 1161,5 м<sup>3</sup>/сут, в 2021 г переоценено 58% запасов 2010 г.

Основная причина снижения запасов ЕМ МПВ в целом заключается в снижении потребности и соответствующем снижении фактически добываемого объема воды в течение периода времени с 2010 по 2018 гг. по некоторым типам минеральных вод. Так на Бугунтинском

участке снижение заявленной потребности составило 210 м<sup>3</sup>/сут. На Центральном участке по скважинам 1-Э и 2-Э фактические объемы добычи за указанный период не превышали 50 м<sup>3</sup>/сут и 30 м<sup>3</sup>/сут, соответственно, что ниже утвержденных в 2010 г. запасов на 110 м<sup>3</sup>/сут и 10 м<sup>3</sup>/сут. На Средне-Ессентукском участке по скважинам 55 и 1-КМВ-бис фактические объемы добычи за указанный период не превышали 80 м<sup>3</sup>/сут и 50 м<sup>3</sup>/сут, соответственно, что ниже утвержденных в 2010 г. запасов на 95 м<sup>3</sup>/сут и 50 м<sup>3</sup>/сут.

Из наиболее ценных типов минеральных вод Ессентуки-4 и Ессентуки-17 снижение величины утвержденных запасов произошло по участку скважины 24-бис-1 [1] - экспертная комиссия ГКЗ Роснедра воздержалась от утверждения запасов воды по данной скважине (12 м<sup>3</sup>/сут) и рекомендовала выполнить геофизические исследования ствола скважины и гидрохимической неоднородности вскрытого ею разреза сеноман-маастрихтского горизонта.

Фактические данные эксплуатации свидетельствуют об определенной неравномерности в распределении эксплуатационной нагрузки как на отдельные скважины, так и участки ЕМ МПВ. По участкам ЕМ МПВ нагрузка распределена [1] следующим образом:

на Центральном участке по минеральным водам типа Ессентукский № 17 достигала 98% разрешенного водоотбора, снижаясь в отдельные годы до 12-26%, по минеральным водам типа Ессентукский № 4 достигала 97% разрешенного водоотбора, снижаясь в отдельные годы до 19-51%, по сероводородным водам не превышала 30%;

на Новоблагодарненском участке по минеральным водам типа Ессентукский № 17 достигала 98% разрешенного водоотбора, снижаясь в отдельные годы до 35%, по минеральным водам типа Ессентукский № 17 достигала 93% разрешенного водоотбора, снижаясь в отдельные годы до 34%;

на Западно-Быкогорском участке по минеральным водам типа Ессентукский № 4 достигала 91% разрешенного водоотбора, снижаясь в отдельные годы до 3%;

на Средне-Ессентукском участке по термальным водам (скв. 55) достигала 24% разрешенного водоотбора, снижаясь в отдельные годы до 9%, по термальным слабоуглекислым водам (скв. 1-КМВ-бис) достигала 31% разрешенного водоотбора, снижаясь в отдельные годы до 11%;

на Бугунтинском участке по слаботермальным водам (скв. 9) достигала 24% разрешенного водоотбора, снижаясь в отдельные годы до 0%, по термальным слабоуглекислым водам (скв. 75-бис) редко достигала 3-5% разрешенного водоотбора;

на Горном участке по слабоминерализованным водам достигала 62% разрешенного водоотбора, снижаясь в отдельные годы до 1%.

Внутригодовое распределение эксплуатационной нагрузки на скважины близко к постоянному, с возможными изменениями (скважины 17-бис, 34-бис, 24-бис-1, 36-бис, 41-бис, 56, 57-РЭ-бис), либо периодическому в течение года (скважины 33-бис, 39-бис, 418', 418-бис, 1-Э, 2-Э, 46, 49-Э, 55, 70, 71, 9, 75-бис, 1-КМВ-бис).

С учетом отмеченных особенностей эксплуатации шести участков ЕМ МПВ сформулирована основная цель работ, заключающаяся в оценке и обосновании запасов минеральных подземных вод участков ЕМ МПВ – Центрального, Средне-Ессентукского, Новоблагодарненского, Бугунтинского, Горного и Западно-Быкогорского – по категории не ниже  $C_1$  в количестве заявленной недропользователями перспективной потребности, которая не превышает утверждённых и поставленных на государственный баланс запасов подземных вод, а также оценка запасов спонтанного углекислого газа Средне-Ессентукского и Бугунтинского участков на прогнозный период до 10 лет (до 2031 г.).

### **Методы исследований**

Оценка запасов МПВ выполнена гидравлическим методом с учётом данных, накопленных за весь период эксплуатации и полученных в результате проведённых работ.

Общая продолжительность полевых опытных гидрогеологических работ 17 месяцев (с 01.06.2019 до 31.10.2020 гг.). Собственно этап ОФР занял 15 месяцев (с 05.07.2019 до 30.09.2020) и включал 21 одно/двух/трехступенчатых выпусков/откачек из 21 скважины, сопровождаемых измерениями положения уровня или давления воды, температуры воды на устье, расхода и температуры газа, а также отбором проб воды и газа. До и после этапа ОФР выполнялись режимные гидродинамические и гидрохимические наблюдения по предварительно организованной единой системе мониторинга на всех участках недр.

ОФР были начаты в скважинах 1-й группы на 4 участках – Центральном, Новоблагодарненском, Горном, Западно-Быкогорском, в пределах которых распространены минеральные воды ессентукского типа в дат-зеландском и сеноман-маастрихтском водоносных горизонтах. Затем в скважинах 2-й группы на Средне-Ессентукском и Бугунтинском участках, в пределах которых распространены различные по гидрохимическому типу минеральные воды в апт-нижнеальбском и титон-валанжинском водоносных горизонтах.

Общая продолжительность ОФР с заявленной прогнозной потребностью (равной 100 % от утверждённых запасов) по всем скважинам, кроме скв. 24-бис-1, составила 3 месяца (с 30 июня по 30 сентября 2020 г.). Изучение газогидрохимического режима выполнялось, в том числе, потенциометрическими исследованиями непосредственно на устье скважин, а также изотопными анализами воды и газа.

### **Результаты и их обсуждения**

С целью повышения представительности первичных фактических данных о напорах подземных вод были организованы детальные наблюдения за режимом подземных вод путем оборудования скважин современными датчиками абсолютного давления:

12 датчиков Solinst 3001 Levelogger Edge: погрешность измерений давления  $\pm 0,05\%$  от полной шкалы 20-300 метров водяного столба, погрешность измерений температуры  $\pm 0,05^\circ\text{C}$ , разрешение датчика:  $0,003^\circ\text{C}$ ;

9 датчиков Solinst 3001 Levelogger Junior: погрешность измерений давления  $\pm 0,1\%$  от полной шкалы 10 метров водяного столба, погрешность измерений температуры  $\pm 0,1^\circ\text{C}$ .

В эксплуатационных скважинах Центрального (6 датчиков), Средне-Ессентукского (2 датчика), Горного (1 датчик), Западно-Быкогорского (2 датчика) участков установлено 11 датчиков, в наблюдательных скважинах месторождения установлено 10 датчиков. Датчики Solinst являются средствами измерений, зарегистрированными агентством по техническому регулированию и метрологии.

Достоинствами реализованной методики в части режимных наблюдений являются следующие аспекты:

использование в большинстве скважин современных датчиков абсолютного гидростатического давления, которые позволили получить достаточно точные значения напора подземных вод и с высокой частотой временной дискретизации;

выполнение потенциометрических исследований непосредственно на устье скважин (впервые за всю историю эксплуатации Ессентукского месторождения), которые позволили получить ряд новых фактических данных о составе и свойствах минеральных вод и газов.

К недостаткам реализованной методики относятся увеличение общей продолжительности работ по сравнению с проектной и отсутствие ряда первичных данных, которые обусловлены возникшими в процессе работ трудностями технического и организационного характера (замена измерительных приборов, смена режима водоотбора и др.).

## **Заключение**

Гидравлический метод не позволяет учитывать ранее накопленные фактические данные по режиму эксплуатации ЕМ МПВ, а заключается фактически в экстраполяции данных относительно краткосрочных ОФР на прогнозный срок (как правило 10 лет).

ЕМ МПВ эксплуатируется почти 110 лет, если условно считать началом его эксплуатации 1913 г. – год сооружения и начала добычи МПВ из скв. 401. Систематические наблюдения за напором и дебитом МПВ, их регистрация стали выполняться с середины 30-х годов прошлого века. За это время на месторождении сформировался природно-техногенный гидродинамический режим подземных вод, который одновременно отражает воздействие комплекса природных и техногенных (водоотбора, депрессий) факторов на гидродинамическую структуру потоков подземных вод и их режим. Соответственно колебания напора, особенно ярко выраженные в наиболее высокодебитных скважинах, связаны и с временной изменчивостью

природных факторов, влияющих на естественный режим подземных вод, и с многолетней динамикой добычи воды. Для исследования накопленных многолетних данных по режиму эксплуатации ЕМ МПВ применен вероятностно-статистический анализ временных рядов [1], позволивший дать прогноз снижения напоров существенно более реалистичный по сравнению с полученным гидравлическим методом.

Целенаправленное проведение опытных работ в условиях монотонного увеличения эксплуатационной нагрузки на месторождение, применение датчиков давления высокой точности позволило оценить гидродинамическое взаимовлияние Центрального и Новоблагодарненского участков ЕМ МПВ [1].

В ходе экспертизы материалов переоценки запасов МПВ на Центральном и Средне-Ессентукском участках, одним из ключевых аргументов в пользу утверждения предложенных запасов, как принято в практике экспертных оценок, являлась степень близости заявленной потребности к фактическому среднему дебиту, наблюдавшему за последний 10-летний период и особенно в последние годы. Для 4 скважин (1-Э, 2-Э, 55 и 1-КМВ-бис) эти два показателя значительно различались, а доводы недропользователя о росте потребности в этих водах в будущем оказались неубедительными. Таким образом, произошло существенное снижение запасов (на  $265 \text{ м}^3/\text{сут}$ ) по данным скважинам, обусловленное, по сути, экономическими причинами, а именно отсутствием потребности в минеральных водах, а не причинами геолого-технического характера. Аналогичное значительное уменьшение запасов до значений фактического водоотбора имело место при переоценке запасов Ессентукского месторождения в 1993 г. Из чего следуют три важных вывода-рекомендации: а) недропользователи должны более тщательно обосновывать потребность в воде на перспективу; б) недропользователи должны обеспечить высококачественные наблюдения за режимом минеральных подземных вод; в) оценка запасов должна стать более реалистичной, то есть базироваться главным образом на прошедшем опыте эксплуатации с применением вероятностно-статистических методов его обработки, а не на результатах оценки гидравлическим методом и относительно кратковременных ОФР.

### Список литературы

1. Байдарико, Е. А., Поздняков, С. П., Сартыков, А. С., Харитонов, Н. А., Барановская, Е. И., Филимонова, Е. А., Кортунов, Е. В., Максимова, Е. С., Преображенская, А. Е., Маслов, А. А., Бычков, А. Ю., Муромец, Н. Н., Корзун, А. В., Потапов, Е. Г., Бондарева, Г. Л., Левицкий, Е. С. Результаты работ по переоценке запасов Ессентукского месторождения // Геология и недропользование. 2021 № 4. С. 130-150.