

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК: 550.8.053

**ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ВОДООБМЕН ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ
МОСКОВСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАСЕЙНА**

Н.В. ФИСУН

*Российский государственный геологоразведочный университет
117997, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23; e-mail: Nat.fisun@yandex.ru*

Гидрогеологические особенности центральной части Московского артезианского бассейна (МAB) в естественных условиях обеспечивали существование нисходящих вертикальных потоков подземных вод, формирование пресных подземных вод карбонового комплекса, опреснение подземных вод верхнего девона. Многолетняя эксплуатация алексинско-протвинского горизонта в центральной части МAB привела к образованию депрессии пьезометрического уровня глубиной 80 м, изменению соотношений абсолютных отметок пьезометрических поверхностей подземных вод нижнего карбона и верхнего девона, созданию предпосылок для изменения направленности вертикального водообмена между ними. Об этом свидетельствует составленная автором карта разности напоров между алексинско-протвинским и верхнедевонским горизонтами, на которой в обширной зоне центральной части МAB напорная поверхность алексинско-протвинского горизонта находится ниже отметок верхнедевонского горизонта на 30 – 50 м. В этих условиях представляется важным изучение верхнедевонского водоносного комплекса как возможного источника «загрязнения» подземных вод нижнего карбона, особенно в зонах активных линейментов Московской синеклизы.

Ключевые слова: Московский артезианский бассейн; вертикальный водообмен; алексинско-протвинский водоносный горизонт; верхнедевонский водоносный комплекс; гидродинамическая депрессия.

**A VERTICAL WATER EXCHANGE OF THE GROUNDWATER
IN THE CENTRAL PART OF MOSCOW ARTESIAN BASIN**

N.V. FISUN

*Russian State Geological Prospecting University
117997, Russian Federation, Moscow, Miklouho-Maklay's street, 23; e-mail: Nat.fisun@yandex.ru*

The hydrogeological features of the central part of the Moscow artesian basin (MAB) under the natural conditions provided the existence of the downward vertical flows of the groundwater, the formation of the fresh underground waters of the Carboniferous complex, desalination of the Upper Devonian subterranean waters. The long exploitation of the Aleksin-Protvino horizon in the central part of the MAB led to the formation of a depression of the piezometric level with a depth of 80 m, as well as a change in the ratio of the absolute marks of the piezometric surfaces of the groundwater of the Lower Carboniferous and the Upper Devonian, and the creation of prerequisites for the changing of the orientation of the vertical water exchange between them. A map of the difference in pressures between the Aleksin-Protvino and the Upper Devonian horizons, compiled by the author, shows this situation. In a vast zone of the central part of the MAB, the pressure surface of the Aleksin-Protvino horizon is 30-50 m below the upper Devonian horizon. Under these conditions, it seems important to study the Upper Devonian aquiferous complex as a possible source of the «contamination» of the groundwater of the Lower Carboniferous, especially in the zones of active lineaments of the Moscow syncline.

Key words: Moscow artesian basin; vertical water exchange; Aleksin-Protvino aquifer; Upper Devonian aquifer complex; hydrodynamic depression.

Гидродинамические условия Московского артезианского бассейна (МAB) исследовались многими авторами, и в настоящее время имеются достаточно ясные представления о формировании подземных вод и их зональности [2—11]. Показано, что особенностью МAB в пределах зоны развития пресных вод в отложениях карбона является гидравлическая взаимосвязь водоносных горизонтов, формирование в естественных условиях нисходящих вертикальных потоков подземных вод.

В результате интенсивной эксплуатации основных горизонтов карбона сработка естественной напорной поверхности подземных вод привела к изменению соотношения уровней между горизонтами и может обуславливать смену направленности вертикальных потоков между ними [8—11].

Большую проблему в аспекте сохранения природного качества подземных вод карбона представляет изменение направленности вертикального водообмена между смежными водоносными горизонтами карбона и девона, поскольку к верхнедевонскому водоносному комплексу приурочены солоноватые и соленые воды с минерализацией до 10 г/дм³ и выше. На возможность роста минерализации подземных вод карбона в такой ситуации указывала А.А. Гаврюхина еще в 1963 г. [7], но до настоящего времени этот вопрос специально не изучался. Попытка оценить предпосылки изменения направленности вертикального водообмена в этой части гидрогеологического разреза предпринята автором впервые и изложена ниже.

Объектами исследования служили смежные гидрогеологические подразделения — водоносный комплекс нижнего карбона и верхнедевонский водоносный комплекс. Учитывая в целом слабую изученность подземных вод последнего, анализировалась территория, где информация о положении его статического уровня наиболее полная. Основная часть сведений заимствована из каталогов, приведённых в приложениях к [9]. Кроме того, использована информация из фондовых материалов, а также результаты собственных исследований автора.

Верхнедевонский водоносный горизонт эксплуатируется для целей санаторно-курортного лечения с суммарной потребностью не более 800 м³/сут. Потребители распределены по площади более 2500 км². В связи с такой низкой интенсивностью использования ресурсов подземных вод, автором принято допущение о несущественных изменениях естественной поверхности верхнедевонского комплекса и при построении карт использованы разновременные данные.

Гидрогеологический разрез нижнего карбона представлен алексинско-протвинским, бобриковско-тульским и упинским водоносными горизонтами, распространенными повсеместно. Из них только алексинско-протвинский водоносный го-

ризонт широко используется для водоснабжения многочисленными водозаборами.

Алексинско-протвинская водоносная карбонатная серия распространена повсеместно, приурочена к карбонатным отложениям общей мощностью 70—100 м. Подземные воды являются пресными с минерализацией 0,3—0,8 г/дм³, гидрокарбонатными, сульфатно-гидрокарбонатными и сульфатными.

Бобриковско-тульский и упинский водоносные горизонты изучены единичными скважинами, обладают слабой водообильностью и практически не эксплуатируются. Бобриковско-тульский горизонт содержит гидрокарбонатные кальциевые воды с минерализацией 0,5—0,9 г/дм³, с глубиной переходящие в гидрокарбонатно-сульфатные, сульфатные с минерализацией более 1—10 г/дм³ и хлоридные с минерализацией более 20 г/дм³. Воды упинского горизонта гидрокарбонатные кальциево-магниево-содовые с минерализацией в верхней части 0,2—0,8 г/дм³, с глубиной величина минерализации также возрастает, воды приобретают сульфатный состав. На довольно многочисленных участках довизейских размывов, выполненных песками, воды упинского горизонта тесно взаимосвязаны с водами бобриковско-тульского водоносного горизонта.

Верхнедевонский водоносный комплекс также распространен повсеместно и заключён в терригенно-карбонатных отложениях саргаевского, семилукского, петинского, воронежского, евлановского, ливенского горизонтов верхнефранского и образованиях всего фаменского яруса. В его кровле залегает водоупорный малевский горизонт, который сложен глинами и является региональным водоупором в пределах всего МAB, несмотря на сравнительно небольшую мощность (10—15 м). Верхнедевонский комплекс находится в зоне замедленного водообмена, химический состав подземных вод меняется как по площади, так и с глубиной. Для верхней части характерна минерализация 2,5—5,0 г/дм³ при сульфатном кальциево-магниево-содовом и магниево-кальциевом составе.

Соотношение напорных поверхностей водоносных горизонтов нижнего карбона и верхнего девона по вертикали имеет сложный характер. В пределах описываемой территории это соотношение изучено на отдельных участках по результатам поинтервального опробования скважин в 50-, 60-х гг. прошлого столетия, данные которого приведены в [9] и в обработанном виде представлены на рис. 1. Как видно, в этот период отмечалась в основном обратная гидродинамическая зональность (нисходящий вертикальный поток). На ряде участков в Тверской, Смоленской и Калужской области абсолютные отметки всех этих горизонтов имели близкие значения. При этом уровень алексинско-протвинского водоносного горизонта в 50—60-х гг. прошлого столетия залегал выше уровня верхнедевонского водоносного горизонта.

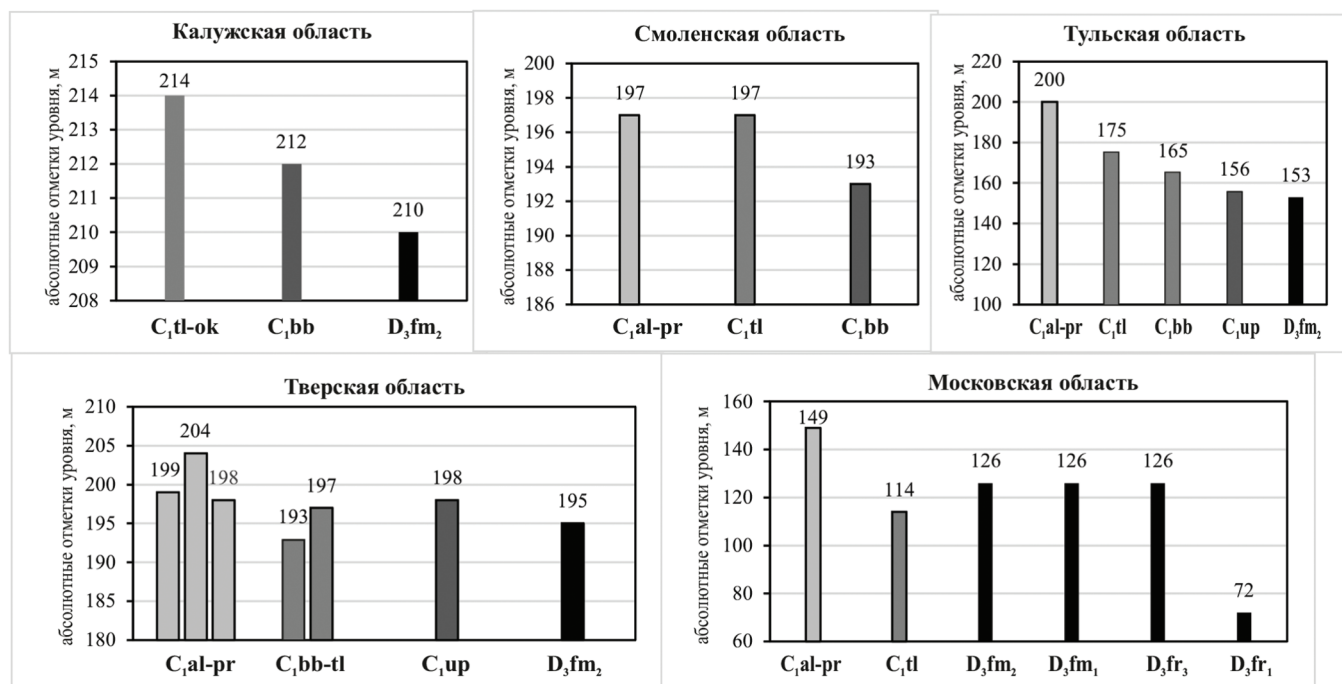


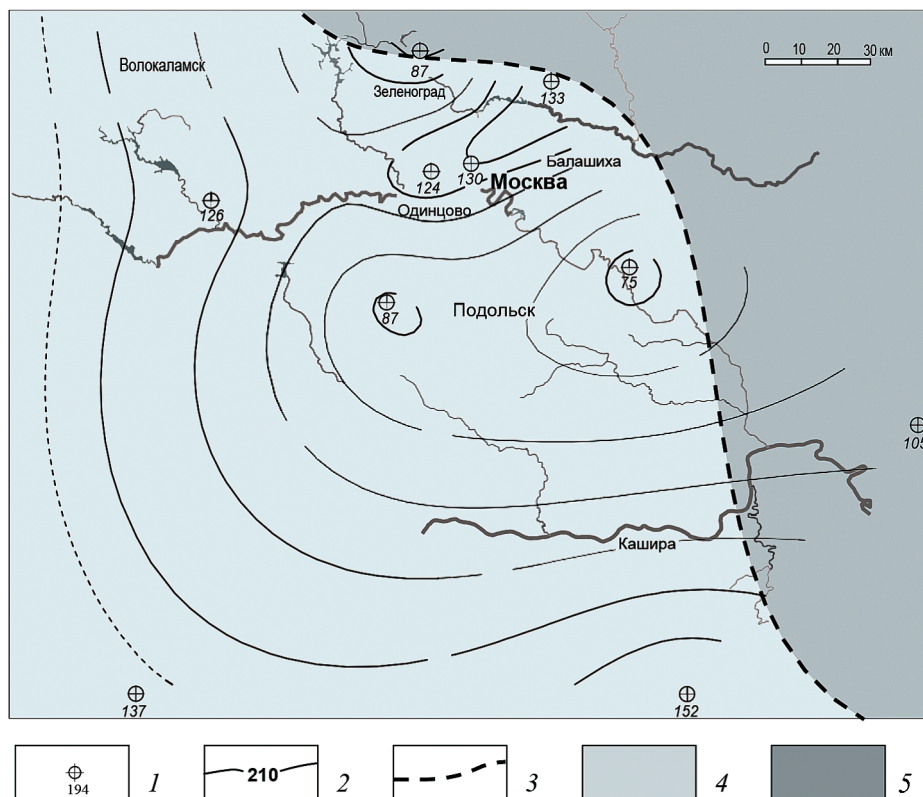
Рис. 1. Соотношение напорных поверхностей водоносных горизонтов нижнего карбона и верхнего девона в 1950–1960 гг.

В аспекте поставленной проблемы интерес представляет соотношение пьезометрических уровней смежных с верхнедевонским упинского и бобриковско-тульского горизонтов. Однако исходных данных для такого анализа нет. В связи с этим для исследований выбран алексинско-протвинский водоносный горизонт. При этом предполагалось,

что сработка уровня алексинско-протвинского водоносного горизонта не могла не отразиться на положении уровней гидравлически связанных с ним упинского и бобриковско-тульского горизонтов, которые, вероятно, также снизились.

Пьезометрическая поверхность верхнедевонского водоносного горизонта схематично может быть

Рис. 2. Схематическая карта гидроизопьез и минерализации верхнедевонского водоносного комплекса: 1 – скважина, внизу – абсолютная отметка пьезометрического уровня, м; 2 – гидроизопьеза верхнедевонского комплекса и ее значение, м; 3 – граница зон с различной минерализацией подземных вод; 4 – зона с минерализацией до 5 г/дм³; 5 – зона с минерализацией более 10 г/дм³



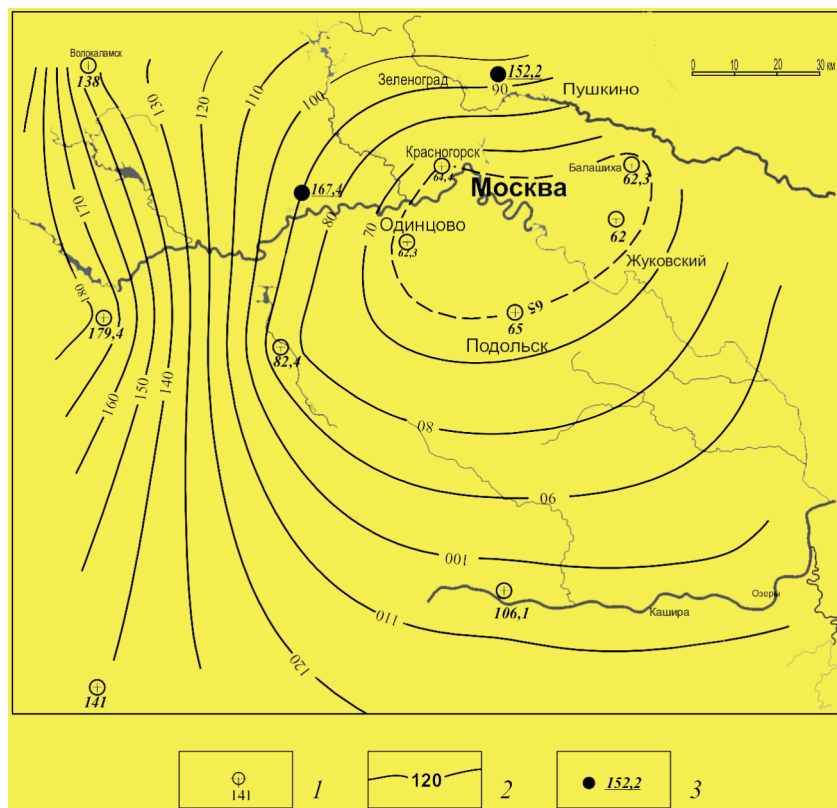


Рис. 3. Схематическая карта гидроизопьез алексинско-протвинского водоносного горизонта по состоянию на 2008 год: 1 – скважина и абсолютная отметка пьезометрического уровня в 2008 г., м; 2 – гидроизопьеза и ее значение, м; 3 – скважина и абсолютная отметка уровня в 1936 г., м, (по данным [9])

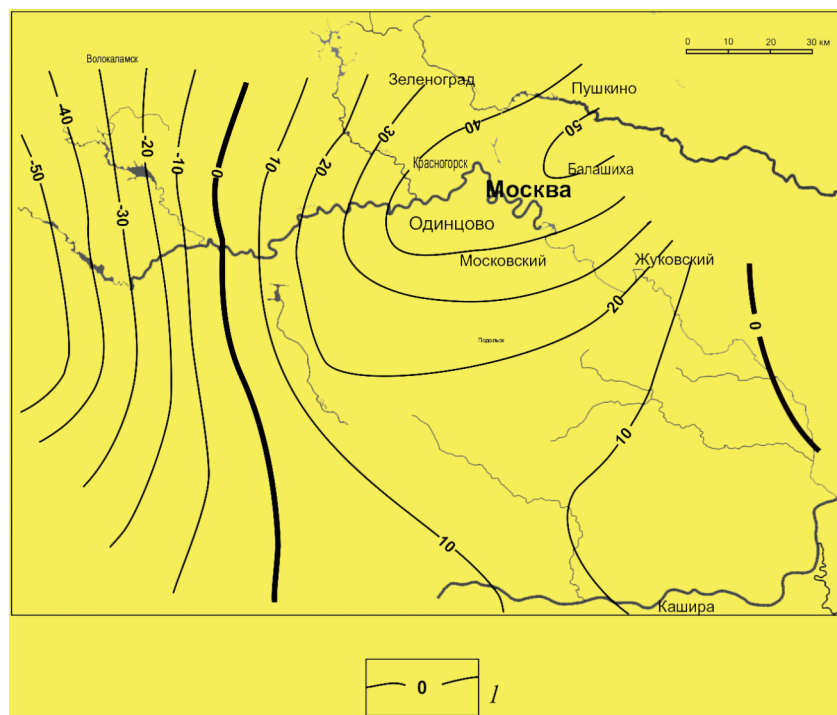


Рис. 4. Схематическая карта разницы напоров подземных вод верхнедевонского комплекса и алексинско-протвинского водоносного горизонта: 1 – изолинии равных значений разницы напоров, м

охарактеризована построенной автором картой (рис. 2). Поток подземных вод направлен с запада, юго-запада и юга на восток и северо-восток от отметок пьезометрической поверхности 130–140 м до 110–120 м. В центральной и северной частях формируется сложная поверхность с депрессиями в изолиниях 110 м, разделёнными подземным водоразделом с отметкой 130 м.

Пьезометрическая условно статическая поверхность алексинско-протвинского водоносного горизонта, сформировавшаяся в результате эксплуатации по состоянию на 2008 г., схематично может быть охарактеризована построенной автором картой (рис. 3). Отметки пьезометрического уровня снижаются с запада на восток от 200 до 62 м к депрессии, выделяемой в центре и на востоке описываемой территории. Центральная часть депрессии приурочена к району Москвы, Балашихи, Одинцово и Подольска. Имеющиеся сведения о положении уровня в двух скважинах в 1936 г. [9], которое можно рассматривать как близкое к естественным условиям, свидетельствуют, во-первых, о том, что пьезометрическая поверхность верхнедевонского комплекса располагалась здесь на 40–50 м ниже естественной поверхности алексинско-протвинского водоносного горизонта, во-вторых, что величина срезки уровня алексинско-протвинского водоносного горизонта в центральной части депрессии составляла в 2008 г. около 80 м.

По результатам сопоставительного анализа данных, приведенных на рис. 2 и 3, построена схематическая карта разности отметок пьезометрического уровня верхнедевонского и алексинско-протвинского водоносных горизонтов в 2008 г. (рис. 4). Она позволяет заключить, что более высокое (по сравнению с верхнедевонским) положение уровня алексинско-протвинского водоносного горизонта сохранилось только на западе и у восточной границы описываемой территории. В центральной части депрессии напорная поверхность алексинско-протвинского горизонта находится ниже отметок верхнедевонского горизонта на 30–50 м, что свидетельствует о наличии предпосылок для изменения направленности вертикального водообмена на этом участке гидрогеологического разреза. Наиболее уязвимыми в

этом отношении являются участки линеаментов активных тектонических зон, выделенных в центральной части Московской синеклизы [1].

Учитывая особенности состава подземных вод верхнедевонского водоносного горизонта, можно ожидать изменения качества подземных вод нижнего карбона, в том числе алексинско-протвинского горизонта, за счёт возможного перетекания снизу вверх минерализованных вод верхнедевонского комплекса. Автором исследовались подземные воды верхнедевонского комплекса в скважинах, оборудованных в санаториях в дер. Льялово Московской области и Конаково в Тверской области. Подземные воды имели минерализацию около 3 г/дм³, характеризовались высокими концентрациями железа (9,6—11,7 мг/дм³), стронция (до 10 мг/дм³), лития (до 0,07 мг/дм³), фторидов (до 3 мг/дм³), бора (до 2,24 мг/дм³).

В пределах гидродинамической депрессии расположено большое число групповых и одиночных водозаборов, выводящих подземные воды из алексинско-протвинского водоносного горизонта. Изучение подземных вод на водозаборах в городах Одинцово, Железнодорожный, Подольск свидетельствует о том, что качество подземных вод этого горизонта здесь отличается повышенным содержанием всех указанных выше компонентов. Нельзя исключать, что возможным источником этих компонентов являются подземные воды верхнедевонского горизонта, поступающие снизу.

Изменением направленности вертикального водообмена в этой части гидрогеологического разре-

за можно объяснить и фиксируемый в последнее десятилетие рост пьезометрических уровней водоносных горизонтов нижнего карбона.

Выводы

1. Гидрогеологические условия центральной части МАБ благоприятны для взаимосвязи водоносных горизонтов карбона и верхнего девона, которая в естественных условиях обеспечивала существование нисходящих вертикальных потоков подземных вод и опреснение подземных вод всего карбонового комплекса и верхней части верхнего девона.

2. Эксплуатация алексинско-протвинского горизонта привела к формированию в центральной части МАБ обширной депрессии пьезометрического уровня со срезкой до 80 м, изменению соотношений абсолютных отметок пьезометрических поверхностей нижнего карбона и верхнего девона, созданию предпосылок для формирования восходящих потоков подземных вод.

3. В этих условиях представляется важным изучение верхнедевонского водоносного комплекса как возможного источника ухудшения качества подземных вод нижнего карбона, особенно в активных зонах Московской синеклизы.

4. При эксплуатации водозаборов в центральной части МАБ необходимо контролировать положение динамического уровня, не допуская его сработку ниже пьезометрической поверхности смежного бобриковско-тульского водоносного горизонта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимова О.В. Линеаменты центральной части Московской синеклизы и их тектоническая интерпретация (по результатам газовых эманаций) // Труды Межд. форума по проблемам науки, техники и образования. Том 3 / Под ред.: В.П. Савиных, В.В. Вишневого. М.: Академия наук о Земле, 2005. С. 87—89.
2. Белицкий А.С. Формирование вод каменноугольных отложений центральной части Московского артезианского бассейна // Научные труды Академии коммунального хозяйства. 1964. В. 27. С. 56—61.
3. Бочеввер Ф.М., Просенков В.И., Язвин Л.С. Подземные воды Москвы и Подмосковья // Гор. хоз-во Москвы, 1966. № 10. С. 23—26.
4. Бочеввер Ф.М., Ковалева И.В. Об условиях питания и режима подземных вод каменноугольных отложений Московского артезианского бассейна // Сов. геология. 1966. № 9. С. 28—42.
5. Бочеввер Ф.М., Ковалева И.В. О скорости водообмена в открытых артезианских бассейнах (на примере Московского артезианского бассейна) // Докл. АН СССР. 1966. Т. 168. 33. С. 661—664.
6. Гаврюхина А.А. Воды каменноугольных отложений Москвы и их современное состояние // Труды лаборатории гидрогеол. проблем АН СССР. 1959. Т. 24. С. 122—130.
7. Гаврюхина А.А. Природные водонапорные системы района Москвы и их гидродинамическая и гидрогеохимическая характеристика // Геохимия подземных вод некоторых районов Европейской части СССР. М.: Из-во АН СССР, 1963. С. 69—81.
8. Гаврюхина А.А. Формирование подземных вод под влиянием искусственной разгрузки (на примере Москвы). М.: Наука, 1964. 132 с.
9. Гидрогеология СССР. Том 1. Московская и смежные области / Под ред. Д.С. Соколова. М.: Недра, 1966. 423 с.
10. Лебедева Н.А. Естественные ресурсы Московского артезианского бассейна. М.: Наука, 1972. 148 с.
11. Минкин Е.Л. О соотношениях пьезометрических уровней водоносных горизонтов каменноугольных отложений Московского артезианского бассейна // Разведка и охрана недр. 1961. № 4. С. 35—40.