

УДК 622 + 55.556

Статья / Article

© ПНИПУ / PNRPU, 2023

Оценка влияния эксплуатации перспективного технического водозабора подземных вод на поверхностный сток р. Усолки**М.И. Ярков^{1,2}, Л.О. Лейбович², П.А. Красильников¹, С.Г. Ашихмин³**¹Пермский государственный национальный исследовательский университет (Россия, 614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15)²ООО НИПППД «НЕДРА» (Россия, 614064, г. Пермь, ул. Льва Шатрова, 13а)³Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29)**Assessing the Impact of the Promising Technical Groundwater Intake Operation on the Usolka River Surface Runoff****Maxim I. Yarkov^{1,2}, Larisa O. Leibovich², Pavel A. Krasilnikov¹, Sergey G. Ashikhmin³**¹Perm State National Research University (15 Bukireva st., Perm, 614068, Russian Federation)²Limited Liability Company Research, Project and Production Enterprise for Environmental Protection Activities "NEDRA" (13a Lev Shatrov st. Perm, 614064, Russian Federation)³Perm National Research Polytechnic University (29 Komsomolskiy av., Perm, 614990, Russian Federation)

Получена / Received: 26.06.2023. Принята / Accepted: 27.11.2023. Опубликовано / Published: 30.03.2024

Ключевые слова:

оценка влияния, минимальный сток, естественные ресурсы, подземные воды, шешминский терригенный комплекс, река-аналог, техническое водоснабжение, Пермский край.

Keywords:

impact assessment, minimum runoff, natural resources, groundwater, Sheshminsky terrigenous complex, analogue river, technical water supply, Perm Krai.

Добыча подземных вод может сопровождаться негативным воздействием на окружающую среду. Наиболее значительными экологическими последствиями отбора подземных вод, помимо истощения их запасов, снижения их уровня и образования депрессионных воронок, является изменение взаимосвязей между подземными водами и поверхностным стоком и, как следствие, уменьшение объема речного стока при истощении водоносных горизонтов. Для исключения негативного влияния на природные экосистемы добычи подземных вод необходимо учитывать естественные ресурсы подземных вод, их взаимосвязь с поверхностным стоком и давать прогнозные оценки водного баланса территории в результате техногенного воздействия.

Целью исследования являлось изучение распределения естественных ресурсов подземных вод в пределах изучаемой территории и оценка влияния водотбора подземных вод на поверхностный сток р. Усолки при организации производственно-технического водоснабжения объектов нефтедобычи.

Объектами исследования являлись подземные воды слабоводоносного локально-водоносного шешминского терригенного комплекса, приуроченные к бассейнам р. Малая Аленка, р. Большая Аленка, ручей Безымянный, а также сами водотоки, которые являются левобережными притоками р. Усолки.

В результате были определены минимальные стоки различной обеспеченности левобережных притоков р. Усолки: Безымянный ручей, р. Малая Аленка, р. Большая Аленка. Выделены наиболее водообильные зоны и установлена величина естественных ресурсов подземных вод слабоводоносного, локально-водоносного шешминского терригенного комплекса. Доказана возможность организации производственно-технического водоснабжения за счет подземных вод без влияния на речной сток р. Усолки.

Groundwater production may be accompanied by negative impacts on the environment. The most significant environmental consequences of groundwater withdrawal, in addition to the depletion of its reserves, a decrease in its level and the formation of depression craters, is a change in the relationship between groundwater and surface runoff and, as a consequence, a decrease in the volume of river flow when aquifers are depleted. To eliminate the negative impact of groundwater extraction on natural ecosystems, it is necessary to take into account the natural resources of groundwater, their relationship with surface runoff, and provide predictive estimates of the water balance of the territory as a result of technogenic impact.

The purpose was to study the distribution of natural groundwater resources within the study area and assess the impact of groundwater withdrawal on the surface runoff of the river Usolka when organizing industrial and technical water supply to oil production facilities.

The objects of the study were the groundwater of the weakly aquiferous locally aquiferous Sheshminsky terrigenous complex confined to the river basins Malaya Alenka, Bolshaya Alenka, Bezmyanny stream, as well as the watercourses themselves, which are left-bank tributaries of the river Usolka.

As a result, the minimum flows of various supply levels of the left bank tributaries of the river Usolka were determined: Bezmyanny stream, river Malaya Alenka, river Bolshaya Alenka. The most water-abundant zones were identified and the magnitude of natural groundwater resources of the weakly aquiferous, locally aquiferous Sheshminsky terrigenous complex was established. The possibility of organizing industrial and technical water supply using groundwater without affecting the river Usolka flow was proven.

© **Ярков Максим Игоревич** – аспирант кафедры «Инженерная геология и охрана недр»; гидрогеолог 1 категории (тел.: +007 (342) 239 64 39, e-mail: maxforj@yandex.ru). Контактное лицо для переписки.

© **Лейбович Лариса Олеговна** – кандидат технических наук, директор департамента экологии (тел.: +007 (342) 246 01 19, e-mail: Leibovich@nedra.perm.ru).

© **Красильников Павел Анатольевич** (ORCID: 0000-0002-0602-6143) – кандидат географических наук, доктор геолого-минералогических наук, доцент, профессор кафедры «Инженерная геология и охрана недр» (тел.: +007 (342) 239 64 39, e-mail: geolnauka@gmail.com).

© **Ашихмин Сергей Геннадьевич** (ORCID: 0000-0001-7850-3415) – доктор технических наук, профессор кафедры «Маркшейдерское дело, геодезия и геоинформационные системы» (тел.: +007 (342) 219 84 22, e-mail: A_s_g_perm@mail.ru).

© **Maxim I. Yarkov** – PhD Student at the Department of Engineering Geology and Subsoil Protection; 1st category Hydrogeologist (tel.: +007 (342) 239 64 39, e-mail: maxforj@yandex.ru). The contact person for correspondence.

© **Larisa O. Leibovich** (Author ID in Scopus: 55936178300) – PhD in Engineering, Director of the Ecology Department (tel.: +007 (342) 246 01 19, e-mail: Leibovich@nedra.perm.ru).

© **Pavel A. Krasilnikov** (Author ID in Scopus: 57207559948, ORCID: 0000-0002-0602-6143) – PhD in Geography, Doctor of Geology and Mineralogy, Associate Professor, Professor at the Department of Engineering Geology and Subsoil Protection (tel.: +007 (342) 239 64 39, e-mail: geolnauka@gmail.com).

© **Sergey G. Ashikhmin** (Author ID in Scopus: 6603057955, ORCID: 0000-0001-7850-3415) – Doctor in Engineering, Professor at the Department of Mine Surveying, Geodesy and Geoinformation Systems (tel.: +007 (342) 219 84 22, e-mail: A_s_g_perm@mail.ru).

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Оценка влияния эксплуатации перспективного технического водозабора подземных вод на поверхностный сток р. Усолки / М.И. Ярков, Л.О. Лейбович, П.А. Красильников, С.Г. Ашихмин // Недропользование. – 2023. – Т.23, №4. – С.166-173. DOI: 10.15593/2712-8008/2023.4.3

Please cite this article in English as:

Yarkov M.I., Leibovich L.O., Krasilnikov P.A., Ashikhmin S.G. Assessing the Impact of the Promising Technical Groundwater Intake Operation on the Usolka River Surface Runoff. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2023, vol.23, no.4, pp.166-173. DOI: 10.15593/2712-8008/2023.4.3

Введение

Добыча подземных вод может сопровождаться негативным воздействием на окружающую среду. Наиболее значительными экологическими последствиями отбора подземных вод, помимо истощения их запасов, снижения их уровня и образования депрессионных воронок, является изменение взаимосвязей между подземными водами и поверхностным стоком и, как следствие, уменьшение объема речного стока при истощении водоносных горизонтов. Для исключения негативного влияния на природные экосистемы добычи подземных вод необходимо учитывать естественные ресурсы подземных вод, их взаимосвязь с поверхностным стоком и давать прогнозные оценки водного баланса территории в результате техногенного воздействия.

Проблема влияния отбора подземных вод на речной сток обусловлена значительным ростом отбора подземных вод и проявлениями изменений стока рек, созданием систем учета и управления водных ресурсов. Существует целый ряд примеров негативного влияния отбора подземных вод в Московском артезианском бассейне (МАБ) [1], на территории Курской магнитной аномалии (КМА) [2, 3], на восточном склоне Северного и горноскладчатого Урала [4], в Белоруссии [5–7], на Украине [8]. За рубежом также известны примеры влияния отбора подземных вод на речной сток (в Англии, Германии, Индии, Испании, США, Франции) [9–17].

Оценка влияния эксплуатации водозаборов подземных вод на речной сток осуществляется с помощью различных методов гидрологических, водно-балансовых, индикаторных, гидродинамических. Одним из первых в нашей стране эту проблему и ее значение при решении гидрогеологических и водохозяйственных задач рассмотрел Е.Л. Минкин [18–21]. В дальнейшем совместно с С.Я. Концевоским был предложен целый ряд аналитических решений [22–24]. Различными аспектами влияния отбора подземных вод на речной сток занимались В.Д. Бабушкин, Б.В. Боровский [25–26], Ф.М. Бочеввер [27–29], Р.В. Булатов [30], Н.Н. Веригин [31, 32], В.Д. Гродзенский [33], И.С. Зекцер [34–36], В.А. Злотник [37], В.С. Ковалевский [38], Н.Н. Лапшин, В.С. Саркисян, В.С. Устюжанин, М.А. Хордикайнен [39, 40], М.Г. Хубларян [41, 42], К.Н. Цыганова [43], В.М. Шестаков [44, 45], С.О. Гриневский, Р.С. Штенгелов [46–48], Л.Я. Язвин [49–50] и др. Вопросы влияния отбора подземных вод на речной сток за рубежом впервые изучал С. Theis [51], впоследствии – R. Glover и G. Balmer [52], наиболее полно – M. Hantush, а также J. Bredehoeft, R. Young [53], L. Conrad, S. Beljin [54], B. Hunt [55], H. Kiel [56], R.-F. Lelievre, P. Peaudecerf, P. Prudhomme [57], Th. Maddock, H. Bouwer [58–59], P. Manson [60], R. Saxena, Chandra Satish [61], R. Wardlaw, G. Fleming [62], C. Wright [63] и др.

Л.С. Язвин, С.Л. Пугач, В.Д. Гродзенский, М.А. Хордикайнен и др. (ВСЕГИНГЕО) для целей составления отчетных водохозяйственных балансов при ведении государственного водного кадастра разработали осредненные коэффициенты взаимосвязи (привлечения речных вод при эксплуатации водозаборов подземных вод), учитывающие используемые водоносные горизонты и местоположение водозаборов по отношению к рекам для 220 расчетных участков основных рек [64].

В пределах района исследования планируется организация производственно-технического водоснабжения объектов нефтедобычи за счет подземных вод слабодонасного, локально-водоносного шешминского терригенного комплекса. Для оценки возможности

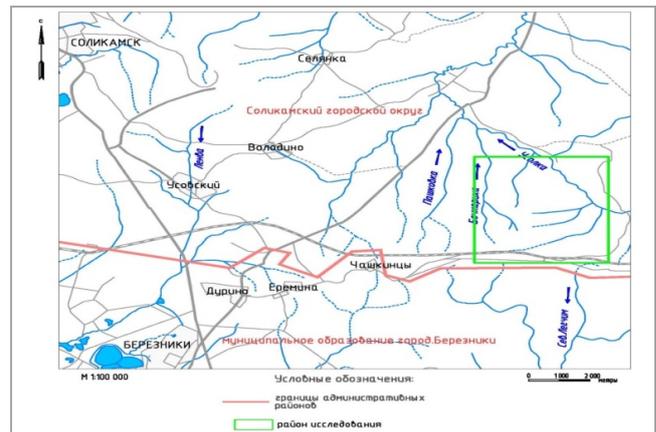


Рис. 1. Обзорная карта-схема района исследования

получения эксплуатационного дебита скважин в количестве $630 \text{ м}^3/\text{сут}$ был проведен комплекс гидрологических работ, в результате которого были определены естественные ресурсы подземных вод и выполнена оценка влияния отбора подземных вод на поверхностный сток р. Усолки.

Целью исследования являлось изучение распределения естественных ресурсов подземных вод в пределах района исследования и оценка влияния водоотбора подземных вод на поверхностный сток р. Усолки при организации производственно-технического водоснабжения объектов нефтедобычи.

Объектами исследования являлись подземные воды слабодонасного локально-водоносного шешминского терригенного комплекса приуроченные к бассейнам р. Малая Аленка, р. Большая Аленка, ручей Безымянный, а также сами водотоки, которые являются левобережными притоками р. Усолки.

Основными задачами исследования являлись:

- определение гидрологических характеристик исследуемых водотоков (внутригодовое распределение стока различной обеспеченности, определение минимального стока 50 %, 95%-ной обеспеченности);
- подсчет естественных ресурсов подземных вод;
- оценка влияния подземного водозабора на сток реки Усолки.

Общие сведения о районе исследования

Район исследования расположен в северной части Пермского края на территории Соликамского городского округа (рис. 1).

Речная сеть района является составной частью бассейна р. Камы. В северо-восточной части района основным водотоком является р. Усолка с притоками Бол. и Мал. Аленки, ручей Безымянный.

В годовом питании водотоков преимущественное значение имеют снеговые воды – до 56 %, дождевые воды – 20 %, подземный сток – 24 %. Соотношение подземной и поверхностной составляющих стока существенно меняется по сезонам. Весной доля подземного стока невелика – в среднем 10–15 % от суммарного стока за сезон. В поверхностном стоке (85–90 %) почти исключительная роль принадлежит талым водам, поскольку в период весеннего половодья дождевые осадки, как правило, незначительны.

Суммарный сток в период летне-осенней межени складывается на 50–60 % из поверхностного и на 40–50 % из подземного стока. Зимой водотоки питаются запасами подземных вод.

Пик весеннего половодья приходится на середину апреля – начало мая. Продолжительность половодья –

10–25 дней. Подъем уровней при этом (на малых реках) достигает 2 м и более. Спад половодья обычно более продолжителен и часто сопровождается дождевыми паводками.

Осенние паводки на малых реках происходят ежегодно, подъемы уровней составляют при этом 1–3 м над меженью. Продолжительность их колеблется от 10 дней до 2 месяцев (средняя продолжительность около одного месяца).

Зимой, в условиях отсутствия атмосферного питания, режим уровней в реках становится устойчивым и характеризуется плавным понижением до весеннего паводка. На участке работ минимальный уровень воды в р. Усолке достигает значения (абс. отм.) 152,5 м.

Ледообразовательные процессы на реках начинаются с появлением сала, шуги, заберегов в конце октября – начале ноября. Средний срок замерзания рек – 20 ноября. Вскрытие рек обычно происходит в последней декаде апреля – первой декаде мая. Очистка рек ото льда – на 3–10 дней позднее.

Климатическая характеристика района исследования приведена по метеостанциям г. Соликамска и г. Березники Пермского края.

Климат рассматриваемой территории континентальный, с холодной продолжительной зимой, теплым, но сравнительно коротким летом, ранними осенними и поздними весенними заморозками. Зимой на Урале часто наблюдается антициклон с сильно охлажденным воздухом. Охлаждение воздуха в антициклонах происходит, главным образом, в нижних слоях, одновременно уменьшается влагосодержание этих слоев, с высотой температура воздуха в зимнее время обычно возрастает, в результате чего образуются мощные слои инверсии.

Основными показателями температурного режима являются среднемесячная, максимальная и минимальная температуры воздуха.

Среднегодовая температура воздуха составляет плюс 1,3 °С.

Самым холодным месяцем в году является январь со средней месячной температурой воздуха минус 15,4 °С по метеостанции Березники, самым теплым – июль со средней месячной температурой плюс 17,8 °С (м/с Соликамск) и 24,2 °С (м/с Березники).

Абсолютный минимум температуры воздуха достигает минус 48 °С, абсолютный максимум – плюс 37 °С.

Наступление устойчивых морозов в среднем происходит 5 ноября, прекращение – 23 марта; продолжительность устойчивых морозов составляет 139 дней.

Продолжительность безморозного периода в среднем 101 день. Первые заморозки на рассматриваемой территории отмечаются в среднем 12 сентября, последние – 2 июня.

На относительную влажность большое влияние оказывают формы рельефа, близость водоемов, лесных массивов и т.п. Среднегодовая относительная влажность воздуха по району составила 76 %. Максимальная среднемесячная относительная влажность воздуха в районе отмечается в январе, декабре – 85 %, минимальная – 61 % – в мае.

Максимум осадков за месяц наблюдается в июле – 84 мм, минимум – в феврале – 28 мм. Количество твердых осадков за ноябрь – март равно 182 мм, жидких за период апрель – октябрь – 465 мм.

Снежный покров является одним из важнейших факторов, влияющих на формирование климата. Средняя из наибольших высот снежного покрова на открытом (полевом) участке составляет 60 см, максимальная высота снежного покрова – 81 см, минимальная – 34 см.

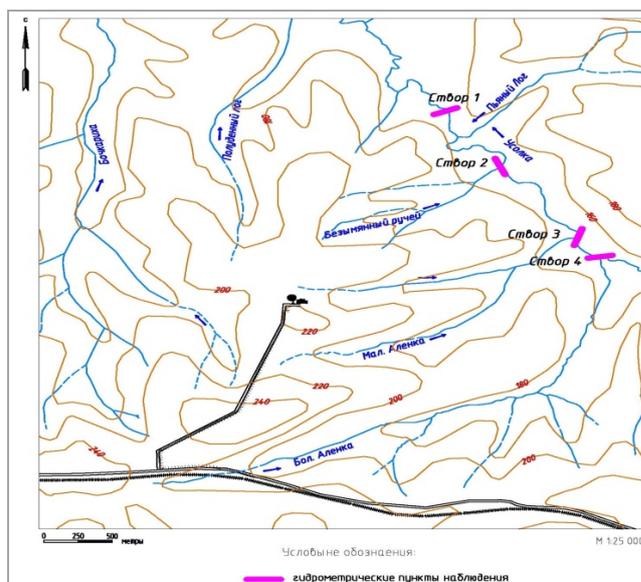


Рис. 2. Расположение сети гидрометрических пунктов наблюдения

Методика исследования и фактический материал

Исследуемыми водотоками являются реки Большая Аленка, Малая Аленка, Безымянный ручей. На исследуемых водотоках была организована сеть гидрометрических пунктов наблюдений (рис. 2):

- ств. 1 – р. Усолка-пост Бельский (река-аналог);
- ств. 2 – р. Безымянный ручей, устье – левый приток р. Усолки;
- ств. 3 – устье р. Мал. Аленка – левый приток р. Усолки;
- ств. 4 – устье р. Бол. Аленка – левый приток р. Усолки.

Ввиду сжатых сроков проведения работ (12 месяцев) и недостаточности данных по исследуемым водотокам, в исследовании для расчета требуемых характеристик стока широко применялся рекомендуемый метод гидрологической аналогии. Выбор аналога осуществлен согласно рекомендациям СП 33-101-2003 [65]. За аналог принята р. Усолка – п. Бельский. Гидрологические характеристики по этому водотоку следующие: минимальный сток 95 % обеспеченности $Q_{95\%} = 0,11 \text{ м}^3/\text{с}$; минимальный сток 50 % обеспеченности $Q_{50\%} = 0,13 \text{ м}^3/\text{с}$; минимальный модуль подземного стока 95 % обеспеченности $M_{95\%} = 4,05 \text{ м}^3/\text{с}$; минимальный модуль подземного стока 50 % обеспеченности $M_{50\%} = 3,30 \text{ м}^3/\text{с}$. Годовой сток 95 % обеспеченности составил $Q_{\text{год}} = 0,28 \text{ м}^3/\text{с}$, максимальные расходы $Q_{\text{max}1\%} = 17,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Внутригодовое распределение стока по створу № 1 р. Усолки – п. Бельский приведено в табл. 1 [66].

Расчет минимального стока рек Безымянный ручей, Малая Аленка, Большая Аленка и естественных ресурсов подземных вод исследуемых водотоков рассчитывается по результатам непосредственных замеров расходов воды по створам № 1–4.

По результатам замеров расхода воды в створах рек проведен расчет переходных коэффициентов стока исследуемых рек и реки-аналога по формуле (1):

$$K = \frac{Q_2}{Q_1}, \tag{1}$$

где Q_2 – расход исследуемого водотока, $\text{м}^3/\text{с}$; Q_1 – расход река-аналога, $\text{м}^3/\text{с}$.

Таблица 1

Внутригодовое распределение стока по створу № 1

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годовой сток	Средний годовой сток
р. Усолка – п. Бельский, %													
3,8	3,2	3,6	23,4	16,2	9,6	5,3	5,1	6,4	7,8	9,3	6,3	100	–
р. Усолка – п. Бельский, $Q_{50\%}$ (м ³ /с)													
0,15	0,13	0,14	0,93	0,64	0,38	0,21	0,20	0,25	0,31	0,37	0,25	3,96	0,33
р. Усолка – п. Бельский, $Q_{95\%}$ (м ³ /с)													
0,13	0,11	0,12	0,79	0,54	0,32	0,18	0,17	0,22	0,26	0,31	0,21	3,36	0,28

Таблица 2

Внутригодовое распределение стока по исследуемым водотокам

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годовой сток	Средний годовой сток
р. Безымянный ручей, $Q_{50\%}$ (м ³ /с)													
0,009	0,008	0,009	0,056	0,039	0,023	0,013	0,012	0,015	0,019	0,022	0,015	0,24	0,020
р. Мал. Аленка, $Q_{50\%}$ (м ³ /с)													
0,007	0,006	0,006	0,042	0,029	0,017	0,010	0,009	0,012	0,014	0,017	0,011	0,18	0,015
р. Бол. Аленка, $Q_{50\%}$ (м ³ /с)													
0,027	0,023	0,026	0,168	0,117	0,069	0,038	0,037	0,046	0,056	0,067	0,045	0,72	0,060
р. Безымянный ручей, $Q_{95\%}$ (м ³ /с)													
0,008	0,007	0,008	0,051	0,035	0,021	0,011	0,011	0,014	0,017	0,020	0,014	0,22	0,018
р. Мал. Аленка, $Q_{95\%}$ (м ³ /с)													
0,005	0,005	0,005	0,034	0,023	0,014	0,008	0,007	0,009	0,011	0,013	0,009	0,14	0,012
р. Бол. Аленка, $Q_{95\%}$ (м ³ /с)													
0,024	0,020	0,022	0,146	0,101	0,060	0,033	0,032	0,040	0,049	0,058	0,039	0,62	0,052

Таблица 3

Характеристики стока исследуемых водотоков

Река	F , км ²	Q_{50} , м ³ /с	M_{50} , л/с·км ²	$Q_{95\%}$, м ³ /с	$M_{95\%}$, л/с·км ²
Средний годовой сток					
р. Безымянный ручей	1,30	0,020	15,4	0,018	13,8
р. Мал. Аленка	2,71	0,015	5,54	0,012	4,43
р. Бол. Аленка	4,66	0,060	12,9	0,052	11,2
Максимальные расходы воды					
р. Безымянный ручей	1,30	0,69	530	0,100	77,2
р. Мал. Аленка	2,71	1,44	530	0,272	77,2
р. Бол. Аленка	4,66	2,47	530	0,468	77,2
Минимальный сток					
р. Безымянный ручей	1,30	0,008	6,15	0,007	5,38
р. Мал. Аленка	2,71	0,006	2,21	0,005	1,85
р. Бол. Аленка	4,66	0,024	5,15	0,021	4,51

В связи с тем, что минимальный сток составляет 40 % от среднего годового на реке-аналоге, средний годовой сток исследуемых водотоков определен по формуле (2):

$$Q_{\text{ср.год}} = \frac{Q_{\text{мин}}}{0,4}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{мин}}$ – минимальный сток, м³/с.

Максимальные расходы определены по формуле (3):

$$Q_{\text{max}} = \frac{M_{\text{max}} \cdot F}{1000}, \quad (3)$$

где M_{max} – максимальный модуль подземного стока, л/с·км², F – площадь водосбора, км².

Модуль подземного стока рассчитан по формуле (5):

$$M = \frac{Q}{F}, \quad (4)$$

где Q – расход воды, м³/с, F – площадь водосбора, км².

Результаты и их обсуждение

В результате замеров расхода воды в створах № 1–4 и камеральной обработки исходных данных были получены гидрологические характеристики исследуемых водотоков, представленные в табл. 2, табл. 3.

Анализ данных табл. 2 показывает, что район исследований находится в зоне достаточного увлажнения. Два периода (весеннее половодье и летне-осенние дожди) обеспечивают мощное питание подземных вод.

Необходимо отметить, что максимальные расходы завышены, так как при высоком половодье отмечается выход воды на пойму, это приводит к уменьшению стока. В то же время данная величина не влияет на расчет естественных ресурсов подземных вод, а для оценки она вполне достаточна.

Расчет естественных ресурсов подземных вод проводился по отдельным участкам бассейнов притоков р. Усолки для 95%-ной обеспеченности.

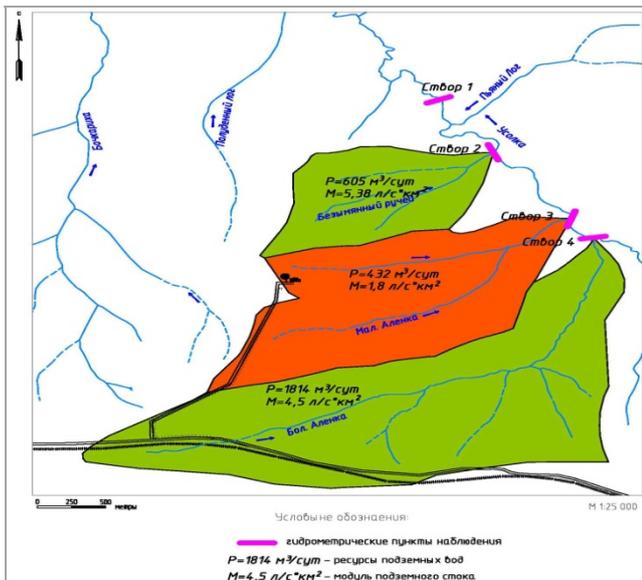


Рис. 3. Распределение ресурсов и модулей подземного стока на исследуемой территории

Естественные ресурсы контролируются минимальным стоком. Ресурсы исследуемых участков 95 % обеспеченности ($P = 95\%$): один участок р. Безьянный ручей – $Q_e = 0,007 \text{ м}^3/\text{с}$, или $605 \text{ м}^3/\text{сут}$; второй участок р. Мал. Аленка – $Q_e = 0,005 \text{ м}^3/\text{с}$, или $432 \text{ м}^3/\text{сут}$; третий участок р. Бол. Аленка – $Q_e = 0,021 \text{ м}^3/\text{с}$, или $1814 \text{ м}^3/\text{сут}$. Общая сумма рассчитанных прогнозных ресурсов составит $2,8 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$.

Бассейн р. Мал. Аленка следует рассматривать как самый бесперспективный с точки зрения ресурсного потенциала территории. Ее модуль подземного стока в 2,5 раза меньше модуля участка р. Бол. Аленка и в 3 раза меньше модуля участка р. Безьянный ручей. При этом самым водообильным является первый участок – р. Безьянный ручей – с наивысшим для района модулем подземного стока $M_{95} = 5,38 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$.

Необходимо отметить, что проводить расчет по таким маленьким участкам на основании столь короткого периода наблюдений возможно, но не всегда корректно. Результаты расчетов по полученным абсолютным величинам могут заключать в себе большое количество погрешностей, связанных как с объективными факторами, так и системными ошибками при замерах. Вместе с тем вполне достоверны и реальны относительные значения полученных модулей, когда общие и характерные ошибки или погрешности нивелируются относительно друг друга. В любом случае, бассейн р. Мал. Аленка следует рассматривать как самый бесперспективный с точки зрения ресурсного потенциала территории. Ее модуль подземного стока в 2,5 раза меньше модуля участка р. Бол. Аленка и в 3 раза меньше модуля участка р. Безьянный ручей. Впоследствии высокая водообильность шешминских пород на изучаемой территории подтвердилась результатами бурения.

Распределение естественных ресурсов и модулей подземного стока показано на рис. 3.

Библиографический список

1. Доброумов Б.М., Устюжанин В. С. Преобразование водных ресурсов и режима рек центра ЕТС. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 222 с.
2. Оценка изменений гидрогеологических условий под влиянием производственной деятельности / под ред. Фомина Ф.М. – М.: Недра, 1978. – С. 188–189.
3. Бабушкин В.Д., Плотников В.С., Лосев Ф.И. Прогноз режима подземных вод на территории КМА при разработке месторождений и эксплуатации водозаборов. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1967. – 91 с.
4. Булатов Р.В. Влияние отбора подземных вод на сток малых рек Урала // Рациональное использование и охрана водных ресурсов малых рек: тез. докл. всесоюзной научно-технической конференции. Таллин, июль, 1985 г. – Таллин, 1985. – С. 113–114.
5. Белецкий С.С. Влияние отбора подземных вод на режим малых рек БССР // доклады Академии наук БССР. – 1987. – Т. XXXI, № 4. – С. 351–354.
6. Дрозд В.В., Гуцин В.И. Изменение водного режима рек при отборе подземных вод // Комплексное использование водных ресурсов: сб. науч. тр. / ВНИИГиМ. – М., 1977. – Вып. 5. – С. 81–88.

Помимо этого проведена оценка влияния водоотбора подземных вод на режим поверхностного стока реки Усолки, поскольку часть ее стока формирует эксплуатационные запасы Усольского месторождения питьевых подземных вод.

Анализ возможного влияния эксплуатации водозабора на речной сток приведен по схеме:

- полное влияние;
- с учетом опыта эксплуатации существующих водозаборов.

Для оценки возможности влияния водоотбора из подземных вод примем дебит водозабора подземных вод в количестве $630 \text{ м}^3/\text{сут}$ ($0,0073 \text{ м}^3/\text{с}$). Гидрологические характеристики реки Усолки: минимальный сток 95 % обеспеченности $Q_{95\%} = 0,11 \text{ м}^3/\text{с}$; минимальный сток 50 % обеспеченности $Q_{50\%} = 0,13 \text{ м}^3/\text{с}$; минимальный годовой сток 95 % обеспеченности $Q_{\text{год}} = 0,28 \text{ м}^3/\text{с}$. Таким образом, оставшийся сток при водоотборе $0,0073 \text{ м}^3/\text{с}$ составит: минимальный сток 95 % обеспеченности $Q_{95\%} = 0,103 \text{ м}^3/\text{с}$ (предполагаемое влияние 6,4 %); минимальный сток 50 % обеспеченности $Q_{50\%} = 0,123 \text{ м}^3/\text{с}$ (предполагаемое влияние 5,4 %); минимальный годовой сток 95 % обеспеченности $Q_{\text{год}} = 0,273 \text{ м}^3/\text{с}$ (предполагаемое влияние 2,5 %). Таким образом, даже с учетом полного влияния водозабора на речной сток расход р. Усолки практически не изменится.

В работе [68] была проведена оценка влияния водозабора «Усолка» на сток реки, которая показала, что влияние отмечается не на 100 %, а в пределах 40–50 % (и это при водозаборе с дебитом 60–70 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$).

Таким образом, для исследуемого участка влияние составит не более 2,7–3,2 % (для минимального стока) $P = 50\text{--}95\%$.

Заключение

С целью организации производственно-технического водоснабжения объектов нефтедобычи, расположенных в Соликамском городском округе Пермского края, была проведена оценка ресурсного потенциала подземных вод слабодоносного, локально-водоносного шешминского терригенного комплекса. Ресурсы подземных вод определены по минимальному стоку 95 % обеспеченности методом аналогии. Ресурсы подземных вод даже при самых жестких условиях ($P = 95\%$) составляют: р. Безьянный ручей – $605 \text{ м}^3/\text{сут}$; р. Мал. Аленка – $432 \text{ м}^3/\text{сут}$; р. Бол. Аленка – $1814 \text{ м}^3/\text{сут}$. Общая сумма рассчитанных прогнозных ресурсов составит $2,8 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$, что намного превышает заявленную потребность ($630 \text{ м}^3/\text{сут}$). По результатам работ выделен наиболее водообильный участок – Безьянный ручей с наивысшим для района модулем подземного стока $M_{95} = 5,38 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$. Также проведена оценка влияния эксплуатации водозабора подземных вод на поверхностный сток р. Усолки. Доказано, что добыча подземных вод не будет оказывать никакого значительного воздействия на р. Усолку. Таким образом, можно сделать вывод о возможности организации производственно-технического водоснабжения за счет подземных вод шешминского водоносного комплекса с заявленной потребностью $630 \text{ м}^3/\text{сут}$.

7. Станкевич Р.А., Черепанский М.М. Проблема оценки влияния водозаборов подземных вод на сток рек Белоруссии // Особенности формирования гидрогеологических и инженерно-геологических условий Белоруссии: сб. науч. тр. – Минск: БелНИГРИ, 1979. – С. 65–71.
8. Ковалевский В.С. Комбинированное использование поверхностных и подземных вод. – М.: Научный мир, 2001. – 332 с.
9. Hantush M.S. Analysis of data from pumping wells near a river // Journal of Geophysical Research. – 1959. – Vol. 64. – P. 1921–1932. DOI: 10.1029/JZ064i011p01921
10. Hantush M.S. Depletion of flow in right-angle stream bends by steady wells // Water Resources Research. – 1986. – Vol. 3, № 1. – P. 235–240. DOI: 10.1029/WR003i001p00235
11. Hantush M.S. Depletion of storage, leakage and river flow by gravity wells in sloping sands // Journal of Geophysical Research. – 1964. – Vol. 69, № 12. – P. 2551–2560. DOI: 10.1029/JZ069i012p02551
12. Hantush M.S. Wells near streams with semipervious beds // Journal of Geophysical Research. – 1965. – Vol. 70. – P. 2829–2838. DOI: 10.1029/JZ070i012p02829
13. Custodio E., Garcia J. Modelling the aquifers of the Llobregat Delta (Barcelona, Spain) // Birmingham congress United Kingdom. – 1977. – Vol. XIII, part I. – P. E12.
14. Greenfield B. Storage and discharge: unconfined aquifers // Birmingham congress United Kingdom. – 1977. – Vol. XIII, part I. – P. D42.
15. Connorton B., Robinson V. The hydrology of the Thames groundwater scheme // Birmingham congress United Kingdom. – 1977. – Vol. XIII, part I. – P. D20.
16. Rushton K. The place of mathematical models in aquifer analysis // Birmingham congress United Kingdom. – 1977. – Vol. XIII, part I. – P. E1.
17. Winter T. Recent advances in understanding the interactions of ground water and surface water // U.S. national reports to international union of Geodes and Geophysics. 1991–1994. Reviews of Geophysics, supplement. – 1995. – P. 985–994. DOI: 10.1029/95RG00115
18. Минкин Е.Л. Взаимосвязь подземных и поверхностных вод и ее значение при решении некоторых гидрогеологических и водохозяйственных задач. – М.: Стройиздат, 1973. – 103 с.
19. Минкин Е.Л. Влияние эксплуатации подземных вод на поверхностный сток в пределах речных бассейнов // Вопросы оценки эксплуатационных запасов подземных вод. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1970. – Вып. 32. – С. 14–28.
20. Минкин Е.Л. Влияние эксплуатации подземных вод на речной сток // Региональная оценка ресурсов подземных вод. – М.: Наука, 1975. – С. 121–130.
21. Минкин Е.Л. К методике учета подземных вод в водохозяйственных балансах // Гидротехническое строительство. – 1972. – № 8. – С. 5–9.
22. Минкин Е.Л., Концевский С.Я. Влияние эксплуатации подземных вод на поверхностный сток // Труды Международной ассоциации гидрогеологов. – М., 1979. – Т. XV. – С. 22–30.
23. Минкин Е.Л., Концевский С.Я. Об учете ущерба речному стоку при эксплуатации подземных вод // Водные ресурсы. – 1980. – № 3. – С. 60–71.
24. Минкин Е.Л., Концевский С.Я. Учет ресурсов подземных вод при разработке водохозяйственных балансов // Водные ресурсы. – 1979. – № 5. – С. 61–68.
25. Боровский Б.В., Дробноход Н.Ч., Язвин Л.С. Оценка запасов подземных вод. – Киев: Выща школа, 1989. – 407 с.
26. Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. – М.: Недра, 1979. – 326 с.
27. Бочевер Ф.М. Оценка производительности береговых водозаборов с учетом несовершенства речных русел // Тр. ВНИИ ВОДГЕО. – М, 1966. – Вып. 13. – С. 84–115.
28. Бочевер Ф.М. Теория и практические методы гидрогеологических расчетов эксплуатационных запасов подземных вод. – М.: Недра, 1968. – 328 с.
29. Проектирование водозаборов подземных вод / А.М. Арьев, Ф.М. Бочевер, Н.Н. Лапшин [и др.]; под ред. Бочевера Ф.М. – М.: Стойиздат, 1976. – 292 с.
30. Бассейн, эколого-хозяйственные проблемы, рациональное водопользование / А.М. Черняев, М.П. Дальков, И.С. Шахов, Н.Б. Прохорова. – Екатеринбург: Изд-во «Виктор», 1995. – С. 84–87.
31. Веригин Н.Н. О сокращении речного стока при действии подземных водозаборов // Математическое моделирование гидрогеологических процессов. – Новосибирск: Институт гидродинамики СО АН СССР, 1984. – С. 25–35.
32. Веригин Н.Н., Саркисян В.С. Использование подземных вод для орошения // Гидротехника и мелиорация. – М., 1977. – № 10. – С. 91–97.
33. Гродзенский В.Д. Влияние отбора подземных вод на сток малых рек // Изучение условий формирования эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод: сб. науч. тр. ВСЕГИНГЕО. – М, 1985. – С. 12–16.
34. Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. – М.: Научный мир, 2001. – 328 с.
35. Зекцер И.С., Джамалов Р.Г. Подземные воды в водном балансе крупных регионов. – М.: Наука, 1989. – 124 с.
36. Зекцер И.С., Ковалевский В.С., Джамалов Р.Г. Исследования подземного стока, ресурсов и баланса подземных вод // Водные ресурсы. – 1999. – № 5. – С. 612–623.
37. Злотник В.А. Расчет влияния водозаборов на малые водоемы // Прогнозирование влияния эксплуатации подземных вод на гидрогеологические условия. – Минск: Наука и техника, 1985. – С. 86–104.
38. Ковалевский В.С. Методическое руководство по изучению режима подземных вод в районе водозаборов. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1968. – 188 с.
39. Хордикайнен М.А. Комплексное использование поверхностных и подземных вод с учетом их взаимосвязи // Гидрогеологические основы охраны подземных вод: 2 т. – М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1984. – С. 252–254.
40. Хордикайнен М.А., Язвин Л.С. Влияние эксплуатации водозаборов на гидрогеологические условия территории Советского Союза // Оценка гидрогеологических условий пол влиянием производственной деятельности. – М.: Недра, 1978. – С. 13–45.
41. Хублярян М.Г. Моделирование взаимосвязи водных потоков // Водные ресурсы. – 2006. – № 5. – С. 543–554.
42. Хублярян М.Г. Некоторые проблемы моделирования взаимодействия природных вод в различных средах // Воды суши: проблемы и решения. – М.: ИВП РАН, 1994. – С. 232–249.
43. Цыганова К.Н. Исследования влияния отбора подземных вод на поверхностный сток: обзор // Гидрогеология и инженерная геология / ВНИИ экон. минер. сырья и геологоразвед. работ. – М.: ВИЭМС, 1986. – 41 с.
44. Шестаков В.М. Постановка опытно-фильтрационных работ вблизи водотоков // Разведка и охрана недр. – 1977. – № 9. – С. 38–44.
45. Шестаков В.М. Формирование фильтрационного потока при откачке из скважины вблизи экранированного водоема // Вопросы оценки эксплуатационных ресурсов подземных вод. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1969. – Вып. 17. – С. 47–54.
46. Гриневский С.О., Штенгелов Р.С. О прогнозировании влияния водозаборов подземных вод на сток малых рек // Водные ресурсы. – М.: Наука, 1988. – № 4. – С. 24–33.
47. Штенгелов Р.С. Формирование балансовой структуры эксплуатационного водоотбора на месторождениях подземных вод: дис. ... д-ра геол.-мин. наук в форме научного доклада. – М.: МГУ им. Ломоносова, 1994. – 63 с.
48. Штенгелов Р.С. Формирование и оценка эксплуатационных запасов пресных подземных вод. – М.: Недра, 1988. – 231 с.
49. Язвин Л.С. Изменение поверхностного стока // Гидрогеологические основы охраны подземных вод. – М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1984. – С. 138–139.
50. Язвин Л.С. О взаимосвязи ресурсов различных типов подземных вод и влияния их отбора на ресурсы поверхностных вод // Гидрогеология СССР. Вып. 3. Ресурсы подземных вод СССР и перспективы их использования. – М.: Недра, 1977. – С. 266–270.
51. Theis C.V. The effect of a well on a nearby stream // Trans. Amer. Geophys. Union. – 1941. – Vol. 22. – P. 734–738. DOI: 10.1029/TR022i003p00734
52. Glover R.E., Balmer G.G. River depletion resulting from pumpaging a well near a river // Trans. Amer. Geophys. Union. – 1954. – Vol. 35. – P. 468–470. DOI: 10.1029/TR035i003p00468
53. Bredehoeft J., Young R. The temporal allocation of ground water a simulation approach // Water Resources Research. – 1970. – Vol. 6, № 1. – P. 3–21.
54. Conrad P., Beljin S. Evaluation of an infiltration model as applied to glacial aquifer systems // Water resources bulletin. – 1996. – Vol. 32, № 6. – P. 1209–1220. DOI: 10.1111/j.1752-1688.1996.tb03491.x
55. Hunt B. Unsteady stream depletion from ground water pumping // Ground water. – 1999. – Vol. 37, № 1. – P. 98–102. DOI: 10.1111/j.1745-6584.1999.tb00962.x
56. Kiel H. Das Problem der Grundwasserabsenkung im Erftgebiet. Gas und Wasserwach. – 1958. – Bd 99, № 40. – P. 1005–1012.
57. Lelievre R.-F., Peaudecerf P., Prudhomme P. Influence des pompages en nappes alluviales sur le regime des cours d'eau // Bull. Bur. rech. geol. et minières. sec. III. – 1976. – № 3/4. – P. 151–157.
58. Maddock Th. The operation of a stream-aquifer system under stochastic demands // Water Resources Research. – 1974. – Vol. 10, № 1. – P. 1–9. DOI: 10.1029/WR010i001p00001
59. Maddock Th., Bouwer H. Making sense of the interactions between groundwater and stream flow: lessons for water masters and adjudicators // Geol Survey. – 1997. – Vol. 6, № 1. – P. 19–31.
60. Effect of pothole drainage on deep groundwater supplies / P.W. Manson [et al.] // Trans. ASAE. – 1967. – Vol. 10, № 5. – P. 643–644.
61. Saxena R., Chandra Satish. Effect of ground water pumpage on flow in Ganga river // Irrig. and Power. – 1978. – Vol. 35, № 2. – P. 251–256.
62. Wardlaw R., Fleming G. An integrated surface/subsurface hydrological response model // Birmingham congress United Kingdom. – 1977. – Vol. XIII, part I. – P. E48.

63. Wright C. The assessment of river regulation losses // Birmingham congress United Kingdom. – 1977. – Vol. XIII, part I. – P. D1.
64. Черепанский М.М. Региональные гидрогеологические прогнозы влияния отбора подземных вод на речной сток: автор. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. – 2006.
65. СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М., 2004.
66. Васильев А.П. Отчет о результатах поисково-оценочных работ на подземные воды для производственно-технического водоснабжения объектов Бельского нефтяного месторождения (с подсчетом запасов подземных вод на 01.01.2016 г.) // Федеральное бюджетное учреждение «Территориальный фонд геологической информации по Приволжскому федеральному округу» Пермский филиал. Ед. хр. 1. 178 л.

References

1. Dobroumov B.M., Ustiuhanin V. S. Preobrazovanie vodnykh resursov i rezhima rek tsentra ETC [Transformation of water resources and river regimes in the center of the European territory of the Soviet Union]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980, 222 p.
2. Otsenka izmenenii gidrogeologicheskikh uslovii pod vlianiem proizvodstvennoi deiatel'nosti [Assessment of changes in hydrogeological conditions under the influence of industrial activities]. Ed. F.M. Fomin. Moscow: Nedra, 1978, pp. 188-189.
3. Babushkin V.D., Plotnikov B.C., Losev F.I. Prognoz rezhima podzemnykh vod na territorii KMA pri razrabotke mestorozhdenii i ekspluatatsii vodozaborov [Forecast of groundwater regime in the KMA territory during field development and operation of water intakes]. Moscow: VSEGINGEO, 1967, 91 p.
4. Bulatov R.V. Vliianie otbora podzemnykh vod na stok mal'nykh rek Urals [The influence of groundwater withdrawal on the flow of small Ural rivers]. *Ratsional'noe ispol'zovanie i okhrana vodnykh resursov mal'nykh rek. Tezisy dokladov vsesoiuznoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Tallin, July 1985.* Tallin, 1985, pp. 113-114.
5. Beletskii S.S. Vliianie otbora podzemnykh vod na rezhim mal'nykh rek BSSR [The influence of groundwater withdrawal on the regime of small rivers of the BSSR]. *Doklady Akademii nauk BSSR*, 1987, vol. XXXI, no. 4, pp. 351-354.
6. Drozd V.V., Gushchin V.I. Izmenenie vodnogo rezhima rek pri otbore podzemnykh vod [Changes in the water regime of rivers during groundwater extraction]. *Kompleksnoe ispol'zovanie vodnykh resursov. Sbornik nauchnykh trudov.* Moscow: VNIIGiM, 1977, iss. 5, pp. 81-88.
7. Stankevich P.A., Cherepanskiy M.M. Problema otsenki vlianiia vodozaborov podzemnykh vod na stok rek Belorussii [The problem of assessing the impact of groundwater intakes on the flow of rivers in Belarus]. *Osobennosti formirovaniia gidrogeologicheskikh i inzhenerno-geologicheskikh uslovii Belorussii. Sbornik nauchnykh trudov.* Minsk: BelNIGRI, 1979, pp. 65-71.
8. Kovalevskii B.C. Kombinirovanoe ispol'zovanie poverkhnostnykh i podzemnykh vod [Combined use of surface and groundwater]. Moscow: Nauchnyi mir, 2001, 332 p.
9. Hantush M.S. Analysis of data from pumping wells near a river. *Journal of Geophysical Research*, 1959, vol. 64, pp. 1921-1932. DOI: 10.1029/JZ064i011p01921
10. Hantush M.S. Depletion of flow in right-angle stream bends by steady wells. *Water Resources Research*, 1986, vol. 3, no. 1, pp. 235-240. DOI: 10.1029/WR003i001p00235
11. Hantush M.S. Depletion of storage, leakage and river flow by gravity wells in sloping sands. *Journal of Geophysical Research*, 1964, vol. 69, no. 12, pp. 2551-2560. DOI: 10.1029/JZ069i012p02551
12. Hantush M.S. Wells near streams with semipervious beds. *Journal of Geophysical Research*, 1965, vol. 70, pp. 2829-2838. DOI: 10.1029/JZ070i012p02829
13. Custodio E., Garcia J. Modelling the aquifers of the Llobregat Delta (Barcelona, Spain). *Birmingham congress United Kingdom*, 1977, vol. XIII, part I, E12 p.
14. Greenfield B. Storage and discharge: unconfined aquifers. *Birmingham congress United Kingdom*, 1977, vol. XIII, part I, D42 p.
15. Connorton B., Robinson V. The hydrology of the Thames groundwater scheme. *Birmingham congress United Kingdom*, 1977, vol. XIII, part I, D20 p.
16. Rushton K. The place of mathematical models in aquifer analysis. *Birmingham congress United Kingdom*, 1977, vol. XIII, part I, E1 p.
17. Winter T. Recent advances in understanding the interactions of ground water and surface water. *U.S. national reports to international union of Geodes and Geophysics. 1991-1994. Reviews of Geophysics, supplement*, 1995, pp. 985-994. DOI: 10.1029/95RG00115
18. Minkin E.L. Vzaimosv'iaz' podzemnykh i poverkhnostnykh vod i ee znachenie pri reshenii nekotorykh gidrogeologicheskikh i vodokhoziaistvennykh zadach [The relationship between groundwater and surface waters and its importance in solving some hydrogeological and water management problems]. Moscow: Stroizdat, 1973, 103 p.
19. Minkin E.L. Vliianie ekspluatatsii podzemnykh vod na poverkhnostnyi stok v predelakh rechnykh basseinov [Impact of groundwater exploitation on surface flow within river basins]. *Voprosy otsenki ekspluatatsionnykh zasobov podzemnykh vod.* Moscow: VSEGINGEO, 1970, iss. 32, pp. 14-28.
20. Minkin E.L. Vliianie ekspluatatsii podzemnykh vod na rechnoi stok [Impact of groundwater exploitation on river flow]. *Regional'naiia otsenka resursov podzemnykh vod.* Moscow: Nauka, 1975, pp. 121-130.
21. Minkin E.L. K metodike ucheta podzemnykh vod v vodokhoziaistvennykh balansakh [On the methodology for accounting for groundwater in water balances]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo*, 1972, no. 8, pp. 5-9.
22. Minkin E.L., Kontsebovskii S.Ia. Vliianie ekspluatatsii podzemnykh vod na poverkhnostnyi stok [Impact of groundwater exploitation on surface flow]. *Trudy Mezhdunarodnoi assotsiatsii gidrogeologov.* Moscow, 1979, vol. XV, pp. 22-30.
23. Minkin E.L., Kontsebovskii S.Ia. Ob uchete ushcherba rechnomu stoku pri ekspluatatsii podzemnykh vod [On accounting for damage to river flow during the exploitation of groundwater]. *Vodnye resursy*, 1980, no. 3, pp. 60-71.
24. Minkin E.L., Kontsebovskii S.Ia. Uchet resursov podzemnykh vod pri razrabotke vodokhoziaistvennykh zasobov [Accounting for groundwater resources when developing water balances]. *Vodnye resursy*, 1979, no. 5, pp. 61-68.
25. Borevskii B.V., Drobnokhod N.Ch., Iazvin J.I.C. Otsenka zasobov podzemnykh vod [Groundwater reserve assessment]. Kiev: Vyscha shkola, 1989, 407 p.
26. Borevskii B.V., Samsonov B.G., Iazvin J.I.C. Metodika opredeleniia parametrov vodonosnykh gorizontov po dannym otkachek [Methodology for determining the parameters of aquifers based on pumping data]. Moscow: Nedra, 1979, 326 p.
27. Bochever F.M. Otsenka proizvoditel'nosti beregovykh vodozaborov s uchedom nesovershenstva rechnykh rusl [Assessment of the productivity of coastal water intakes taking into account the imperfections of river channels]. *Trudy VNII VODGEO.* Moscow, 1966, iss. 13, pp. 84-115.
28. Bochever F.M. Teoriia i prakticheskie metody gidrogeologicheskikh raschetov ekspluatatsionnykh zasobov podzemnykh vod [Theory and practical methods of hydrogeological calculations of operational groundwater reserves]. Moscow: Nedra, 1968, 328 p.
29. Ar'ev A.M., Bochever F.M., Lapshin H.H. et al. Proektirovanie vodozaborov podzemnykh vod [Design of groundwater intakes]. Ed. F.M. Bochever. Moscow: Stoiizdat, 1976, 292 p.
30. Cherniaev A.M., Dal'kov M.P., Shakhov I.S., Prokhorova N.B. Bassein, ekologo-khoziaistvennye problemy, ratsional'noe vopod'zovanie [Basin, environmental and economic problems, rational water use]. Ekaterinburg: Viktor, 1995, pp. 84-87.
31. Verigin H.H. O sokrashchenii rechnogo stoka pri deistvii podzemnykh vodozaborov [On the reduction of river flow due to the operation of underground water intakes]. *Matematicheskoe modelirovanie gidrogeologicheskikh protsessov.* Novosibirsk: Institut gidrodinamiki SO AN SSSR, 1984, pp. 25-35.
32. Verigin H.H., Sarkisian B.C. Ispol'zovanie podzemnykh vod dlia orosheniia [Use of groundwater for irrigation]. *Gidrotekhnika i melioratsiia.* Moscow, 1977, no. 10, pp. 91-97.
33. Grodzenskii V.D. Vliianie otbora podzemnykh vod na stok mal'nykh rek [The influence of groundwater withdrawal on the flow of small rivers]. *Izuchenie uslovii formirovaniia ekspluatatsionnykh resursov presnykh podzemnykh vod. Sbornik nauchnykh trudov VSEGINGEO.* Moscow, 1985, pp. 12-16.
34. Zektser I.S. Podzemnye vody kak komponent okruzhaiushchei sredy [Groundwater as a component of the environment]. Moscow: Nauchnyi mir, 2001, 328 p.
35. Zektser I.S., Dzhamalov R.G. Podzemnye vody v vodnom balanse krupnykh regionov [Groundwater in the water balance of large regions]. Moscow: Nauka, 1989, 124 p.
36. Zektser I.S., Kovalevskii B.C., Dzhamalov R.G. Issledovaniia podzemnogo stoka, resursov i balansa podzemnykh vod [Research on groundwater flow, resources and groundwater balance]. *Vodnye resursy*, 1999, no. 5, pp. 612-623.
37. Zlotnik V.A. Raschet vlianiia vodozaborov na mal'ye vodoemy [Calculation of the impact of water intakes on small reservoirs]. *Prognozirovanie vlianiia ekspluatatsii podzemnykh vod na gidrogeologicheskie usloviia.* Minsk: Nauka i tekhnika, 1985, pp. 86-104.
38. Kovalevskii B.C. Metodicheskoe rukovodstvo po izucheniiu rezhima podzemnykh vod v raione vodozaborov [Methodological guidelines for studying the groundwater regime in the area of water intakes]. Moscow: VSEGINGEO, 1968, 188 p.
39. Khordikainen M.A. Kompleksnoe ispol'zovanie poverkhnostnykh i podzemnykh vod s uchedom ikh vzaimosv'iazi [Integrated use of surface and groundwater, taking into account their relationship]. *Gidrogeologicheskie osnovy okhrany podzemnykh vod.* Moscow: Tsentr mezhdunarodnykh proektov GKNT, 1984, pp. 252-254.
40. Khordikainen M.A., Iazvin L.S. Vliianie ekspluatatsii vodozaborov na gidrogeologicheskie usloviia territorii Sovetskogo Soiuz [The influence of the operation of water intakes on the hydrogeological conditions of the territory of the Soviet Union]. *Otsenka gidrogeologicheskikh uslovii pol'zovaniia proizvodstvennoi deiatel'nosti.* Moscow: Nedra, 1978, pp. 13-45.
41. Khublarian M.G. Modelirovanie vzaimosv'iazi vodnykh potokov [Modeling the relationship of water flows]. *Vodnye resursy*, 2006, no. 5, pp. 543-554.
42. Khublarian M.G. Nekotorye problemy modelirovaniia vzaimodeistviia prirodnykh vod v razlichnykh sredakh [Some problems of modeling the interaction of natural waters in different environments]. *Vody sushi: problemy i resheniia.* Moscow: IVP RAN, 1994, pp. 232-249.

43. Tsyganova K.N. Issledovaniia vliianiia otbora podzemnykh vod na poverkhnostnyi stok: obzor [Studies on the influence of groundwater withdrawal on surface flow: a review]. *Gidrogeologiya i inzhenernaia geologiya*. Moscow: VIEMS, 1986, 41 p.
44. Shestakov V.M. Postanovka opytно-filtratsionnykh rabot vblizi vodotokov [Setting up experimental filtration works near watercourses]. *Razvedka i okhrana nedr*, 1977, no. 9, pp. 38-44.
45. Shestakov V.M. Formirovanie filtratsionnogo potoka pri otkachke iz skvazhiny vblizi ekranirovannogo vodoema [Formation of filtration flow during pumping from a well near a screened reservoir]. *Voprosy otsenki ekspluatatsionnykh resurov podzemnykh vod*. Moscow: VSEGINGEO, 1969, iss. 17, pp. 47-54.
46. Grinevskii S.O., Shtengelov P.C. O prognozirovanii vliianiia vodozaborov podzemnykh vod na stok malykh rek [On predicting the impact of groundwater intakes on the flow of small rivers]. *Vodnye resursy*. Moscow: Nauka, 1988, no. 4, pp. 24-33.
47. Shtengelov R.S. Formirovanie balansovoi struktury ekspluatatsionnogo vodootbora na mestorozhdeniiakh podzemnykh vod [Formation of a balance structure of operational water withdrawal at groundwater deposits]. Ph. D. thesis. Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet imeni M.V. Lomonosova, 1994, 63 p.
48. Shtengelov R.S. Formirovanie i otsenka ekspluatatsionnykh zapasov presnykh podzemnykh vod [Formation and assessment of operational reserves of fresh groundwater]. Moscow: Nedra, 1988, 231 p.
49. Iazvin L.S. Izmenenie poverkhnostnogo stoka [Change in surface flow]. *Gidrogeologicheskie osnovy okhrany podzemnykh vod*. Moscow: Tsentr mezhdunarodnykh proektov GKNT, 1984, pp. 138-139.
50. Iazvin L.S. O vzaimosvazi resurov razlichnykh tipov podzemnykh vod i vliianiia ikh otbora na resursy poverkhnostnykh vod [On the relationship between the resources of various types of groundwater and the impact of their selection on surface water resources]. *Gidrogeologiya SSSR. iss. 3. Resursy podzemnykh vod SSSR i perspektivy ikh ispol'zovaniia*. Moscow: Nedra, 1977, pp. 266-270.
51. Theis C.V. The effect of a well on a nearby stream. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 1941, vol. 22, pp. 734-738. DOI: 10.1029/TR022i003p00734
52. Glover R.E., Balmer G.G. River depletion resulting from pumping a well near a river. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 1954, vol. 35, pp. 468-470. DOI: 10.1029/TR035i003p00468
53. Bredehoeft J., Young R. The temporal allocation of ground water a simulation approach. *Water Resources Research*, 1970, vol. 6, no. 1, pp. 3-21. DOI: 10.1029/WR006i001p00003
54. Conrad P., Beljin S. Evaluation of an infiltration model as applied to glacial aquifer systems. *Water resources bulletin*, 1996, vol. 32, no. 6, pp. 1209-1220. DOI: 10.1111/j.1752-1688.1996.tb03491.x
55. Hunt B. Unsteady stream depletion from ground water pumping. *Ground water*, 1999, vol. 37, no. 1, pp. 98-102. DOI: 10.1111/j.1745-6584.1999.tb00962.x
56. Kiel H. Das Problem der Grundwasserabsenkung im Erftgebiet. Gas - und Wasserwach, 1958, Bd 99, no. 40, pp. 1005-1012.
57. Lelievre R.-F., Peaudecerf P., Prudhomme P. Influence des pompages en nappes alluviales sur le regime des cours d'eau. *Bull. Bur. rech. geol. et mines. sec. III*, 1976, no. 3/4, pp. 151-157.
58. Maddock Th. The operation of a stream-aquifer system under stochastic demands. *Water Resources Research*, 1974, vol. 10, no. 1, pp. 1-9. DOI: 10.1029/WR010i001p00001
59. Maddock Th., Bouwer H. Making sense of the interactions between groundwater and stream flow: lessons for water masters and adjudicators. *Geol Survey*, 1997, vol. 6, no. 1, pp. 19-31.
60. Manson P.W. et al. Effect of pothole drainage on deep groundwater supplies. *Trans. ASAE*, 1967, vol. 10, no. 5, pp. 643-644.
61. Saxena R., Chandra Satish. Effect of ground water pumpage on flow in Ganga river. *Irrg. and Power*, 1978, vol. 35, no. 2, pp. 251-256.
62. Wardlaw R., Fleming G. An integrated surface/subsurface hydrological response model. *Birmingham congress United Kingdom*, 1977, vol. XIII, part I, E48 p.
63. Wright C. The assessment of river regulation losses. *Birmingham congress United Kingdom*, 1977, vol. XIII, part I, D1 p.
64. Cherepanskii M.M. Regional'nye gidrogeologicheskie prognozy vliianiia otbora podzemnykh vod na rechnoi stok [Regional hydrogeological forecasts of the impact of groundwater withdrawal on river flow]. Abstract of Doctor's degree dissertation. Moscow, 2006.
65. SP 33-101-2003 Opredelenie osnovnykh raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik [SP 33-101-2003 Determination of basic design hydrological characteristics]. Moscow, 2004.
66. Vasil'ev A.P. Otchet o rezul'tatakh poiskovo-otsenochnykh rabot na podzemnye vody dlia proizvodstvenno-tekhnicheskogo vodosnabzheniia ob'ektov Bel'skogo nefianogo mestorozhdeniia (s podschetom zapasov podzemnykh vod na 01.01.2016 g.) [Report on the results of prospecting and assessment work for groundwater for industrial and technical water supply of Belskoye oil field facilities (with calculation of groundwater reserves as of 01/01/2016)]. Federal'noe biudzhethnoe uchrezhdenie "Territorial'nyi fond geologicheskoi informatsii po Privolzhskomu federal'nomu okrugu" Permskii filial. Ed. khr. 1. 178 l.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов равноценен.