

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ВОДОПРИТОКА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ Г. АЛЬМЕТЬЕВСК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

П.А. Красильников^{1}, М. И. Ярков², А.В. Татаркин²*

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

*chisp07@gmail.com

Аннотация

В статье представлены результаты исследования геолого-гидрогеологических условий юго-восточной окраины г. Альметьевска Республики Татарстан, приуроченной к III надпойменной террасе долины реки Степной Зай. Основной целью является установление причин подтопления территории и оценка гидрогеологических условий исследуемого участка, для принятия проектных решений по инженерной защите территории от затопления и подтопления. Установлено, что подтопление территории происходит за счет поступления воды из водонасыщенного суглинка песчанистого, формирования локального напора и вертикальных перетоков, а также инфильтрации атмосферных осадков. Проведено районирование территории и выделены участки с умеренным и слабым подтоплением. В результате прогнозных экспертных расчетов удалось установить, что возможное максимальное приращение уровня подземных вод составит не более 12 см. Максимально возможный подъем уровня подземных вод на участке исследований будет находиться в его северо-западной части и будет достигать отметки 129,42 м, глубина уровня при этом будет составлять 1,00 м., величина напора – 2,1 м. Минимальное положение уровня подземных вод в зимнюю межень на участке исследований не будет находиться ниже абсолютной отметки 125 м, глубины залегания $\approx 5,5$ м. Расчет объема водопритока в пределах площадки исследования показал, что в паводок водоприток будет составлять порядка $5,0 \text{ м}^3/\text{сут}$, а в меженный период около $3,6 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Полученные результаты имеют важное практическое значение для разработки мероприятий по инженерной защите территории от подтопления согласно действующим нормативно-правовым актам, проектирования систем водопонижения, проектирования систем водопонижения, рационального использования подземных вод, планирования строительной деятельности.

Ключевые слова: Геология, гидрогеология, подтопление территории, подземные воды, прогноз водопритока, г. Альметьевск, Степной Зай, геологическое строение, гидрогеологические условия, III надпойменная терраса.

Для цитирования: Красильников П.А., Ярков М. И., Татаркин А.В. Геолого-гидрогеологические условия юго-восточной окраины г. Альметьевск республики Татарстан. *Вестник СВФУ*. 2025;(1): 19-32. DOI: 10.25587/2587-8751-2025-1-19-32

Original article

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS AND WATER INFLOW FORECAST ASSESSMENT OF THE SOUTH-EASTERN OUTSKIRTS OF THE ALMETYEVSKE CITY IN THE TATARSTAN REPUBLIC

Pavel A. Krasilnikov^{1}, Maxim I. Yarkov², Alexey V. Tatarkin²*

¹ Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

² Perm State National Research University, Perm, Russia

*chisp07@gmail.com

Abstract

The article presents the results of the study of geological and hydrogeological conditions of the south-eastern outskirts of Almet'yevsk, Republic of Tatarstan. The main purpose is to determine the causes of territory flooding and to assess hydrogeological conditions of the studied area, for making engineering decisions on territory protection from flooding and groundwater seepage. It is established that groundwater seepage of the territory occurs due to water inflow from water-saturated silty-sandy, formation of local pressure and vertical percolation, as well as infiltration of atmospheric precipitation. Zoning of the territory and areas with moderate and weak groundwater seepage are identified. As a result of expert forecast calculations, it was possible to establish that the possible maximum increase in groundwater level will be no more than 12 cm. The maximum possible rise of groundwater level on the study area will be located in its north-western part and will reach the elevation of 129.42 m, the depth of the level at this time will be 1.00 m., the head – 2.1 m. The minimum position of groundwater level in the winter interflow on the study area will not be below the absolute elevation of 125 m, the depths of the occurrence ≈ 5.5 m. Calculation of the water inflow volume within the study area showed that during the flood the water inflow will be approximately $5.0 \text{ m}^3/\text{day}$, and during the interflow period about $3.6 \text{ m}^3/\text{day}$.

of Tatarstan, confined to the III floodplain terrace of the Stepnoy Zay River valley. The main objective is to establish the causes of flooding of the territory and assess the hydrogeological conditions of the studied area, to make design decisions on engineering protection of the territory from flooding and underflooding. It was established that flooding of the territory occurs due to the inflow of water from water-saturated sandy loam, the formation of local pressure and vertical flows, as well as infiltration of atmospheric precipitation. Zoning of the territory was carried out and areas with moderate and slight flooding were identified. As a result of forecast expert calculations, it was possible to establish that the possible maximum increase in the groundwater level will be no more than 12 cm. The maximum possible rise in the groundwater level in the study area would be in its northwestern part reaching 129.42 m, with the depth of the level at 1.00 m, and the pressure value at 2.1 m. The minimum position of the groundwater level in the winter low-water period in the study area would not be below the absolute mark of 125 m, the depth of occurrence is ≈ 5.5 m. The calculation of the volume of water inflow within the study site showed that during the flood the water inflow would be about $5.0 \text{ m}^3 / \text{day}$, and during the low-water period – about $3.6 \text{ m}^3 / \text{day}$. The obtained results are of great practical importance for the development of measures for engineering protection of the territory from flooding in accordance with current regulatory and legal acts, design of water drainage systems, design of water drainage systems, rational use of groundwater, and planning of construction activities.

Keywords: geology, hydrogeology, flooding of the territory, groundwater, water inflow forecast, Almet'yevsk, Stepnoy Zay, geological structure, hydrogeological conditions, III floodplain terrace

For citation: Krasilnikov P.A., Yarkov M.I., Tatarkin A.V. Hydrogeological conditions and water inflow forecast assessment of the South-Eastern outskirts of the Almet'yevsk city in the Tatarstan Republic. *Vestnik of North-Eastern Federal University. "Earth Sciences"*. 2025;(1):19–32 (in Russian) DOI: 10.25587/2587-8751-2025-1-19-32

Введение

Актуальность исследования обусловлена необходимостью изучения геолого-гидрогеологических условий территории юго-восточной окраины г. Альметьевска в связи с проблемой подтопления территории. В современных условиях интенсивного хозяйственного освоения изучаемой площадки вопросы подтопления приобретают особую значимость. Данная проблема имеет не только научное, но и важное практическое значение, поскольку затрагивает вопросы безопасности строительства, эксплуатации инженерных сооружений и рационального использования природных ресурсов.

Необходимо отметить, что река Степной Зай является региональной дренажной, в которую происходит разгрузка подземных вод. Из-за подъема уровня воды в реке и повышения уровня подземных вод происходит затопление части территории г. Альметьевска. Вопросам затопления и подтопления территории г. Альметьевска посвящен ряд работ [1–4]. Так, в статье [1] выделены зоны затопления различной обеспеченности г. Альметьевска, в частности по реке Степной Зай, в работе Анисимова Б.В. [2] и Германовой Л.В. [3] определены основные причины подтопления г. Альметьевска. В статье [4] определены зоны затопления реки Степной Зай и построены векторные карты.

Основной целью исследования является оценка гидрогеологических условий, установление причин подтопления территории и прогнозная оценка объемов водопритока.

Материалы и методы исследования

Для изучения геолого-гидрогеологических условий исследуемой территории и выяснения причин подтопления был проведен анализ имеющихся архивных материалов, пробурены инженерно-геологические скважины, выполнено рекогносцировочное и гидрогеологические исследования. На основе этих данных осуществлена оценка водообильности территории и расчет прогнозных величин по объемам водоотведения с учетом максимального количества выпадаемых осадков.

Полевые рекогносцировочные и буровые работы осуществлялись в летний период 2025 года. Проходка инженерно-геологических скважин осуществлялась в июне 2025 года, а ре-

когносцировочное гидрогеологическое обследование областей питания и областей разгрузки подземных вод было выполнено 3 июля 2025 года. Согласно программе работ, было осуществлено бурение 6 скважин глубиной – 12 м. Их пространственное положение проектировалось по принципу максимального равномерного распределения в пределах площади исследования. Глубина бурения определялась техническим заданием на выполнение работ. В целом авторы считают, что этой глубины проходки скважин достаточно для решения поставленной целевой задачи, поскольку грунтовые воды вскрыты на всю мощность и скважинами вскрыты породы слагающие водоупорный горизонт.

Прогнозные расчеты водопритока осуществлялись на основе общераспространенных и известных гидрогеологических методов, и подходов, изложенных в различных методиках и справочниках, в том числе, в справочном руководстве гидрогеолога [10].

В административном отношении площадка исследования расположена в юго-восточной части города Альметьевск Республики Татарстан в 270 км к юго-востоку от г. Казань (рисунок 1).

В целом район работ хорошо изучен. Для общей оценки геологического строения были использованы материалы геологической и эколого-гидрогеологических съемок масштаба 1:200 000 листа N-39-XI (Соловьева М.А., Клинк Б.Е., Подателева Л.Ф, 2000), работы «Геологическое строение и гидрогеологические условия бассейнов рек Степного Зая, Мелли и Мензели» [6, 9].

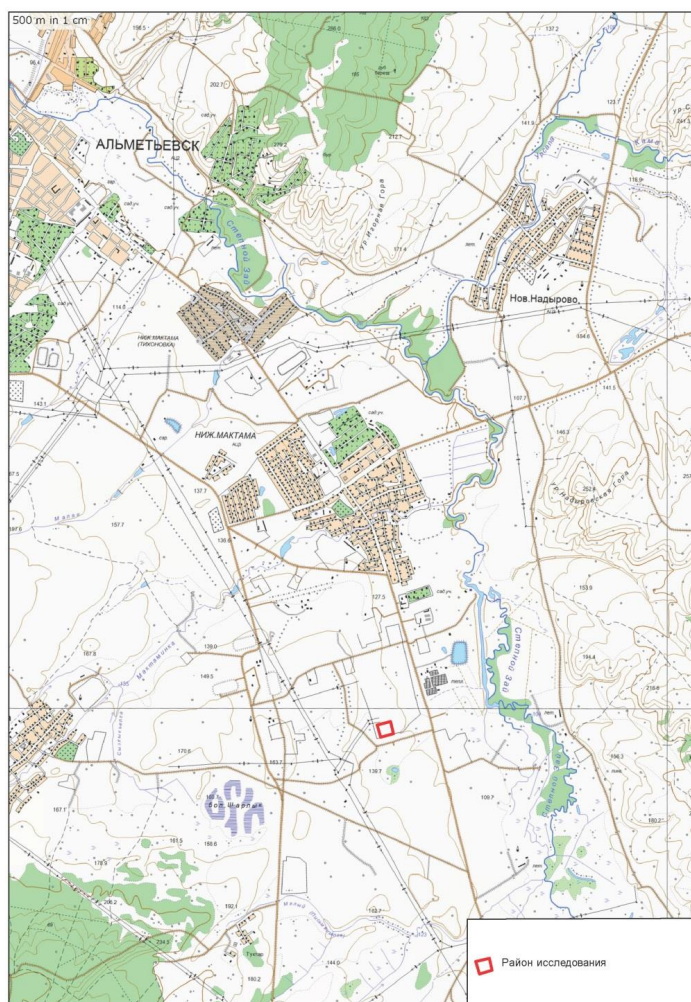


Рис. 1. Обзорный план района исследования

Fig. 1. Overview plan of the research area

Следует отметить, что на участках, прилегающих к площадке исследования, ранее выполнялись инженерно-геологические изыскания [14]. В пробурённых предшественниками скважинах, уровни вод фиксировались близко к поверхности. На основании этих исследований [13] был сделан общий вывод о том, что негативным инженерно-геологическим процессом на этой площади является подтопление.

Возможной причиной возникновения подтопления указывалось следующее: накопления воды в обратных засыпках котлованов и траншей во время строительства; инфильтрации поверхностных вод вследствие нарушения поверхностного стока, задержанного земляными отвалами, проездами, насыпями; инфильтрации утечек из водонесущих коммуникаций, различных технологических накопителей, созданных насыпных территорий и геологическое строение изучения территории локальными водоупорами на высоких абсолютных отметках [14].

По архивным данным, геологическое строение участка исследования характеризуется развитием четвертичных аллювиальных отложений различного литологического состава (глины, суглинки, пески). Аллювиальные отложения повсеместно перекрыты техногенными насыпными суглинками мощностью от 1,5 до 2,8 м., подстилаются плиоценовыми (акчагыльскими) отложениями. Плиоценовые отложения представлены глинами.

Гидрогеологические условия района исследования

В соответствии с гидрогеологическим районированием территория исследования расположена в пределах Восточно-Русского сложного бассейна пластовых и блоково-пластовых вод и приурочена к Камско-Вятскому артезианскому бассейну.

В вертикальном разрезе бассейна выделяются три гидродинамические зоны: верхняя – зона активного водообмена, средняя – зона затрудненного водообмена и нижняя – зона весьма затрудненного водообмена. Объектом исследования являются подземные воды зоны активного водообмена, причем самой верхней ее части.

С учетом особенностей геологического строения района, литолого-фациального состава пород, по условиям и характеру залегания подземных вод в верхней части разреза выделяются подземные воды четвертичных, неогеновых и пермских отложений [7-8].

Основным объектом для исследования является первый от поверхности водоносный горизонт. Согласно отчету о работе Альметьевской гидрогеологической партии за 1965-1967 годы [7] в пределах листа N-39-XI на участке исследования первым от поверхности развит водоносный горизонт в современных, верхне-среднечетвертичных аллювиальных отложениях (aQ). Подстилается четвертичный горизонт практически водоупорным, локально слабодоносным плиоценовым терригенным комплексом (N_2). Водоносные подразделения пермского возраста в данной работе не рассматриваются, как не оказывающие влияния на объект исследования. Также не рассматриваются подземные воды четвертичных элювиально-делювиальных образований, поскольку распространение последних приурочено, в основном, к выходам на поверхность коренных (пермских и неогеновых) пород. На аллювиальных отложениях р. Степной Зай они весьма маломощны, а в пределах участка исследований на западном склоне ее долины интенсивно переработаны антропогенной деятельностью.

Гидрогеологические условия площадки исследования

Отсутствие полной гидрогеологической информации в архивных инженерно-геологических изысканиях потребовало более детального анализа о геоморфологических и геолого-гидрогеологических условиях данной территории, собранной авторами статьи на основе информации, опубликованной в открытой печати и на картографических сервисах.

На основе данных ретроспективного анализа, бесплатно распространяемых космоснимков в пределах площадки исследования, удалось выявить, что здесь периодически возникают искусственные водоемы (рис. 2).

На космоснимках в восточной и северо-восточной части площадки четко прослеживаются обводненные участки, которые имеют (по мнению авторов) искусственное происхождение

(2011 г. очень четкие «прямолинейные» границы водного зеркала, нехарактерные для природных объектов). На космоснимке 2011 года, наличие растительности, можно предполагать формирование временного поверхностного водотока, который разгружается южнее площадки работ в существующий овраг.



Рис. 2. Площадка исследования по данным космоснимков по порядку слева – направо: 2011, 2017, 2022, 2025 года.

Fig. 2. Research site based on satellite images in order from left to right: 2011, 2017, 2022, 2025.

В дальнейшем, при отсыпке площадки и ее нивелировании строительным материалом в пределах этой территории, возможно формирование зоны «разуплотнения», то есть зон повышенной пористости и проницаемости, в пределах которых возможно изменение линий тока и скорости движения подземных вод.

На основе данных полученных в ходе бурения инженерно-геологических скважин, рекогносцировочного исследования и анализа архивных и опубликованных источников характеризуются гидрогеологические условия этой территории. В том числе учитывались качественные (наличие или отсутствие воды при бурении скважин) сведения, полученные в ходе выполнения предыдущих инженерно-геологических работ.

По данным инженерно-геологического бурения и имеющихся колонок скважин установлено, что в пределах площадки исследования основными водовмещающими породами являются суглинки серо-коричневые с прослоями водонасыщенного песка, залегающие на глубине от 2,7 м до 7,5 м. Подземные воды вскрыты во всех скважинах. Воды в пределах водонасыщенной толщи являются напорными, величина напора в пределах участка исследований варьируется от нескольких метров до 5,7 м (скв. бии, рис. 3). Установившиеся уровни воды зафиксированы на глубинах 1,3-2,1 м, что в абсолютных отметках соответствует 129,4 - 127,3 м (рис. 3).



- Условные обозначения:**
- ИГ скважины пробуренные в ходе выполнения работ, все обводнены
 - архивные скважины в которых присутствует вода
 - безводные архивные скважины
 - ➔ предполагаемые линии тока подземных вод
 - участок исследования
 - участки распространения подземных вод до глубины 10-12 м.
 - Установившийся уровень воды при бурении скважин, абс. отм., м.

Рис. 3. Гидроизопьезы на площадке исследования

Fig. 3 Hydroisopiez contours at the study area

Уклон пьезометрической поверхности, по данным замеров уровней воды в скважинах и расстояний между ними, в пределах участка исследований составляет 0,009.

Линии тока подземных вод направлены с запада на восток, и юго-восток. Подземные воды частично разгружаются в расположенный южной площадки исследования – овраг. Это прослеживается как по абсолютным отметкам появления воды в скважинах, так и по установившемуся уровню.

На основании замеренных в ходе полевых работ установившихся уровней подземных вод и согласно «СП 104.13330.2016. Свод правил. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85» Участок исследования относится к подзонам умеренного и слабого подтопления (рис. 4).



Рис. 4. Глубина пьезометрической поверхности и районирование территории по степени подтопления

Fig. 4. Study of piezometric surface depth and territorial zoning by flooding level

Подтопление территории осуществляется как за счет поступления воды из нижележащего водонасыщенного суглинка песчанистого, за счет формируемого локального напора и вертикальных перетоков, а также за счет инфильтрации атмосферных осадков. Поскольку целевой задачей является установление причин подтопления территории, то речь идет о подземных водах, залегающих близко к земной поверхности. К таким водам относятся: «грунтовые воды» и «верховодка». Для тех и других основным источником питания являются атмосферные осадки, которые в течение года выпадают в пределах водосборных площадей. Наибольшее количество инфильтрационной воды поступает в период снеготаяния, когда накопленная снежная масса начинает таять и просачиваться в толщу Земли, существенно повышая абсолютные отметки уровня воды. Вторым значимым периодом является период обильных дождей, аналогично пополняя и повышая уровень подземных вод.

Зная площадь водосборного бассейна и количество выпавших осадков можно рассчитать объемы естественной природной воды, поступившей в толщу в пределах территории исследования, объемы которой необходимо будет дренировать для осушения территории.

Бурение инженерно-геологических скважин осуществлялось в конце июня 2025 г. Этот период ознаменовался большим количеством выпавших осадков, существенно выше, чем в июне 2023 и 2024 гг. (табл. 1) по данным [5].

Поскольку количество выпавших осадков неравномерно как в течении года, так и в течении многих лет, то для принятия проектных решений по защите территории от затопления и подтопления необходимы прогнозные расчеты по максимальным отметкам уровней подземных вод и максимальным объемам водопритока. Знание этих величин позволит проектировать дренажные системы эффективно выполняющих свою функцию. Все это потребовало разработки и создание аналитической гидрогеологической модели, позволяющей спрогнозировать колебания уровня подземных вод в результате разных климатических условий.

Таблица 1

Количество осадков в г. Альметьевск за период 2013-2025 гг. [15]

Table 1

Precipitation amounts in Almetьевsk city for the period 2013–2025 [15]

Месяц	Количество осадков 2025 г, мм	Количество осадков 2024 г, мм	Максимальное кол-во осадков с 2013 по 2025 гг, мм	Минимальное кол-во осадков с 2013 по 2025 гг, мм	Среднее кол-во осадков с 2013 по 2025 гг, мм
Январь	23,3	23,9	23,9	8,2	16,7
Февраль	7,3	13,4	18,4	3,8	12,0
Март	18,6	24,2	24,2	3,3	16,3
Апрель	29,9	10,6	36,3	2,9	19,6
Май	22,8	16,4	36,7	1,9	20,8
Июнь	47,1	21,8	88	7,1	30,2
Июль	16,1	45,3	62,1	13,5	28,6
Август	-	36	45,4	0	22,5
Сентябрь	-	10,1	59,6	5,8	21,5
Октябрь	-	14,3	53,7	6,3	24,8
Ноябрь	-	16,4	63,6	7,4	25,5
Декабрь	-	21,6	24,4	4,4	17,4
Сум. за год		254	536,3	64,6	255,9

Результаты и обсуждения

Аналитическая модель участка исследований. Прогнозные расчеты объемов водоотведения.

По результатам бурения скважин, проведенного рекогносцировочного обследования и комплексного анализа имеющейся информации построена гидрогеологическая карта участка исследований, дополненная гидрогеологическими разрезами, отрисованными в крест простира- ния с запада на восток (рис. 5) и с севера на юг. Один из этих разрезов представлен на рисунке 5.

Для оценки водопритока необходимо знать мощности водовмещающей толщи, ее коэффи- циент фильтрации, градиент напора и ширину потока. В связи с чем, были проанализирова- ны результаты полевых и лабораторных исследований грунтов в разрезе скважин и рассчитана средняя мощность водовмещающей толщи (таблица 2).

Таким образом, общая мощность четвертичных отложений, вскрытых инженерно-геологи- ческими скважинами на участке исследований, составляет 8,7-10,0 м, средняя – 9,3 м.

Пески и песчанистые суглинки повсеместно водоносны, мощность обводненных прослоев от 0,3 м (скв. 3ии) до 7,2 м (скв.1ии). Их доля во вскрытом скважинами разрезе отложений четвертичного возраста составляет от 3% (скв. 3ии) на северо-востоке участка до 68-69% (скв. 1ии, 4ии) в западной части исследуемой площади, в среднем – около 48%. Подземные воды грунтового типа, но из-за повсеместного перекрытия водовмещающих песчаных и суглинисто- песчаных прослоев слабопроницаемыми суглинками и глинами, обладают незначительным на- пором, который составляет 1,2-5,7 м.

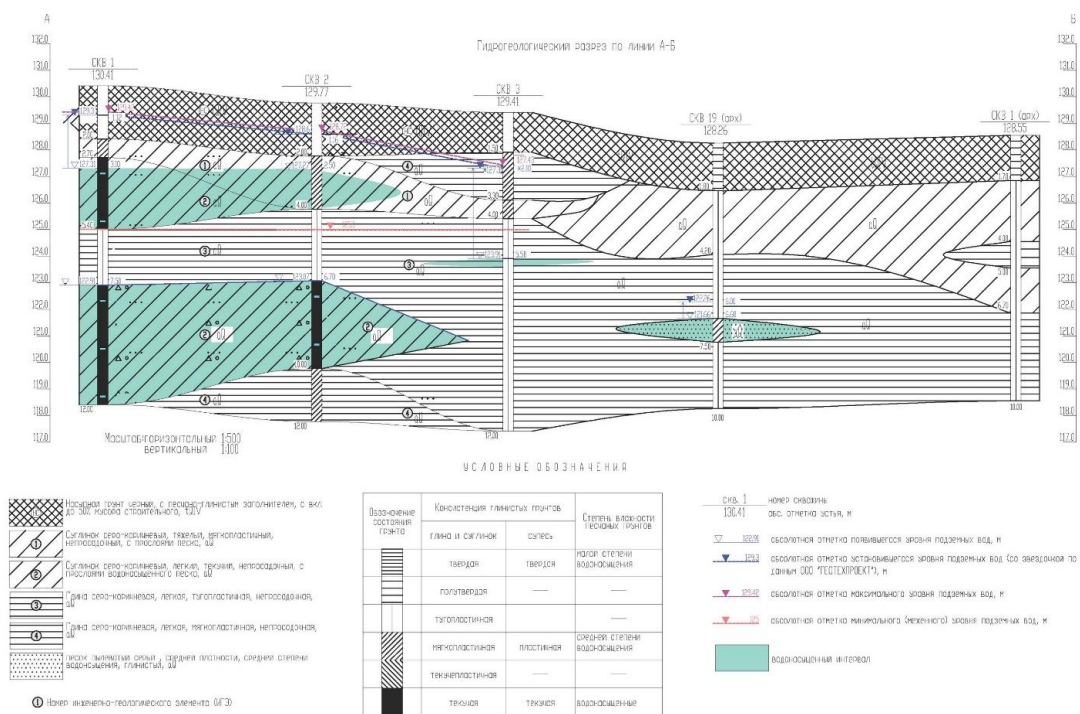


Рис. 5. Гидрогеологический разрез территории исследования

Fig. 5. Hydrogeological section of the study area

Таблица 2

Мощность водопроницаемой толщи

Table 2

Power of permeable strata

№ скв.	Интервалы глубин	Мощность водопроницаемой толщи, м	Общая мощность аQ толщи, м
1ии	2 слоя: ➤ появл. воды 3,1 м – 5,4 м = 2,3 м ➤ 7,5 м – 12,0 м = 4,5 м	6,8	10 (12-2)
2ии	3 слоя: ➤ появл. воды 2,5 – 4,0 = 1,5 ➤ 6,7 м – 10,0 = 3,3 ➤ 10 – 11,3 = 1,3	6,1	9,3 (12-2-0,7)
3ии	1 слой (прослой песка): ➤ 5,5 – 5,8	0,3 м	10 (12-1,5-0,5)
4ии	1 слой: ➤ 4,7 м – 11,0 м	6,3 м	9,1 (12-2,4-0,5)
5ии	1 слой (прослой песка): ➤ 6,6 м – 9,8 м	3,2 м	8,7 (12-2,8-0,5)
6ии	1 слой: ➤ 7,5 м – 10,4 м	2,9 м	8,9 (12-2,6-0,5_
Ср.		4,3 м	9,3

Пьезометрический уровень устанавливается на глубинах от 1,3 м (скв. 2ии) до 2,1 м (скв. 3ии) или на абс. отметках 129 м (скв. 1ии) на северо-западе участка до 127,3 м (скв. 3ии) на северо-востоке.

Однако, по мнению авторов, указанное значение замера уровня подземных вод в скважине № 3 не корректно, поскольку было выполнено в условиях недовосстановления уровня подземных вод после окончания бурения скважины. В данной скважине водоносный прослой составляет всего 0,3 м и процесс восстановления уровня вскрытых подземных вод по завершении буровых работ объективно занимал значительно больше времени, чем в других скважинах, где мощность обводненной части разреза на порядок выше (3-7 м) и восстановление уровня подземных вод по окончании бурения происходит практически мгновенно. Более реальное значение глубины уровня подземных вод и положения их пьезометрической поверхности характерно для скважины № бии – 1,8 м и 127,7 м соответственно. Пьезометрическая поверхность подземных вод четвертичного горизонта показана на рисунке 3.

Расположение пьезометрической поверхности грунтовых вод (глубины их уровня) не постоянно в течение календарного года. Уровень подземных вод зависит от величины питания водоносного горизонта, которая, в свою очередь, определяется общим количеством выпавших за год атмосферных осадков, количеством осадков, поступающих в водоносный горизонт (коэффициентом инфильтрации) и способностью пород принять влагу (активной пористостью пород).

Согласно вышеприведенным данным по количеству осадков в г. Альметьевск (см. таблицу 1), в период проведения инженерно-геологических изысканий (июнь 2025 г.) количество выпавших осадков составило 47,1 мм при максимальном значении 88 мм.

Следует отметить, что данное значение является экстремальным по сравнению с аналогичными значениями прошлых лет, которые обычно варьируют в интервале 45-55 мм, а также со среднееголетним значением (30,2 мм). На рисунке 6 приведен график изменения количества осадков в июне в разрезе десятилетия по г. Альметьевск по данным сайта meteo9.ru [5].

Таким образом, предполагаем, что использование данного экстремального значения для прогнозирования наивысшего уровня подземных вод обеспечивает определенный «запас прочности» при расчетах.

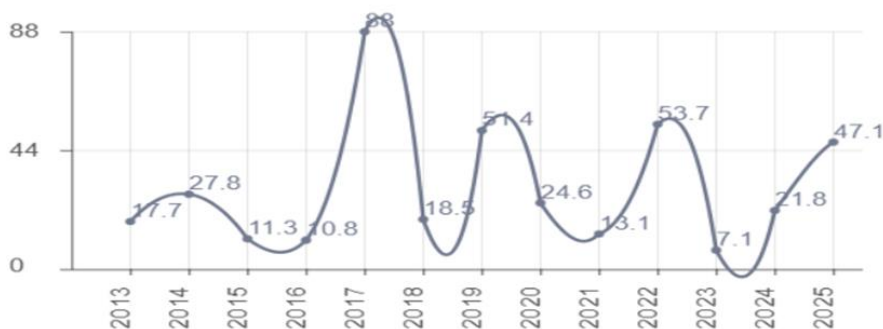


Рис. 6. Количество осадков (мм) в июне, в разрезе десятилетия по г. Альметьевск. [5]

Fig. 6. Amount of precipitation (mm) in June, by decade, in Almetyevsk. [5]

На основании литературных данных [7] была определена величина инфильтрационного питания для территории Татарстана, которая составляет около 100 мм/год или $\approx 0,3$ мм/сут; коэффициент инфильтрации – 0,3. Там же определяем величину активной пористости для мелкозернистых песков (песков), составляющую 0,1 (0,15).

Расчет производится по формуле

$$\Delta h = (H_{\text{макс}} - H_{\text{факт}}) \frac{K_w}{n_{\text{акт}} 1000}$$

где Δh – приращение уровня подземных вод, м;

$H_{\text{макс}}$ и $H_{\text{факт}}$ – сумма месячных осадков (соответственно максимальных и за текущий месяц), мм;

K_w – коэффициент инфильтрации;

$n_{\text{акт}}$ – активная пористость.

В результате расчетов получаем возможное максимальное приращение уровня подземных вод – 0,123 м (0,082) или не более 12 см.

Таким образом, максимально возможный подъем уровня подземных вод на участке исследований будет находиться в его северо-западной части, в районе скв. № 1, и достигать абсолютной отметки 129,42 м, глубина уровня при этом будет составлять 1,00 м., величина напора – 2,1 м.

Без проведения перманентных гидрорежимных наблюдений за подземными водами четвертичного аллювиального горизонта невозможно прогнозировать положение меженного уровня подземных вод непосредственно по участку исследований. Анализируя данные ранее проведенных региональных гидрогеологических работ [7, 8], материалы инженерно-геологических изысканий по сопредельным участкам, результаты опроса местных жителей при рекогносцировочном обследовании, можно предположить, что минимальное положение уровня подземных вод в зимнюю межень на участке исследований не будет находиться ниже абсолютной отметки 125 м, глубины залегания $\approx 5,5$ м. При этом не исключена возможность сокращения мощности водоносного горизонта за счет осушения части обводненных прослоев в скважинах № 1ии, № 2ии, № 4ии до 4,5; 4,6; 5,9 м соответственно, а средней мощности до 3,6 м.

По результатам построений карты изопьез и анализа можно рассчитать расход грунтового потока по участку исследований по формуле: $Q = Bkmi$;

где Q – расход грунтового потока, м³/сут;

B – ширина грунтового потока, м – в данном случае, совпадает с диагональю исследуемого участка – 160 м;

k – коэффициент фильтрации, м/сут – средний по лабораторным данным – 0,7 м/сут;

m – средняя мощность проницаемого слоя – $9,3 \cdot 0,54 = 5,0$ м для паводка и 3,6 м – для межени;

i – средний уклон потока, – 0,009.

В результате расчетов расход грунтового потока по участку составит:

$Q = 5,0$ м³/сут; – в паводок и $Q = 3,6$ м³/сут – в межень.

Как уже отмечалось выше, предполагаем, что на глубине 11,5-12 м залегают глины серые, серо-коричневые, преимущественно полутвердые, плотные, характеризующиеся весьма низкими фильтрационными свойствами ($K_f = 0,005$ м/сут).

На основании ранее проведенных региональных съемочных работ авторы относят данный слой к глинам биклянской свиты плиоценового возраста или, с точки зрения гидрогеологии, к кровле водоупорного, локально слабоводоносного плиоценового терригенного комплекса. На участке исследований данный слой рассматривается как локальный подстилающий водоупор.

Заключение

Результаты исследования свидетельствуют о том, что основными причинами подтопления территории являются: поступление воды из водоносного горизонта из-за локального напора и вертикального перетока, а также инфильтрации атмосферных осадков. Кроме того, проведено районирование территории и выделены участки с умеренным и слабым подтоплением. Полученные результаты имеют важное практическое значение для разработки мероприятий по инженерной защите территории от подтопления согласно действующих нормативно-правовых актов, проектирования систем водопонижения, рационального использования подземных вод, планирования строительной деятельности.

В результате прогнозных экспертных расчетов удалось установить, что возможное максимальное приращение уровня подземных вод – 0,123 м (0,082) или не более 12 см., следовательно, максимально возможный подъем уровня подземных вод на участке исследований будет находиться в его северо-западной части, в районе скв. № 1ии, и достигать абсолютной отметки 129,42 м, глубина уровня при этом будет составлять 1,00 м., величина напора – 2,1 м.

Без проведения перманентных гидрорежимных наблюдений за подземными водами четвертичного аллювиального горизонта невозможно прогнозировать положение меженного уровня подземных вод непосредственно по участку исследований. Анализ имеющихся данных показал, что минимальное положение уровня подземных вод в зимнюю межень на участке исследований не будет находиться ниже абсолютной отметки 125 м, глубины залегания $\approx 5,5$ м. При этом не исключена возможность сокращения мощности водоносного горизонта за счет осушения части обводненных прослоев в скважинах № 1ии, № 2ии, № 4ии до 4,5; 4,6; 5,9 м соответственно, а средней мощности до 3,6 м.

Результаты прогнозных «экспертных» расчетов по объему водопритока в пределах площадки исследования показали, что в паводок водоприток будет составлять около 5,0 м³/сут, а в меженный период около 3,6 м³/сут.

Литература

1. Мельников М.Н., Хисамутдинова Е. В., Бадретдинов М.А. Выявление причин неконтролируемого затопления г. Альметьевска и разработка предложений по его предотвращению. *Управление техносферой*. 2018; 1(1):17–33.
2. Анисимов Б.В и др. Заключение о причинах подтопления г. Альметьевска грунтовыми водами : Фонды ТатНИПИнефть; 1995.
3. Германова Л.В. Оценка гидрогеологических условий территории юго-востока Татарстана в связи с подтоплением. Альметьевск: Фонды АО «Татнефть»; 1997.
4. Шакирзянова Г.Н., Мальцев К.А. Зоны с особыми условиями использования территорий: зоны затопления. *Современные научные исследования: теория, методология, практика: Сборник научных статей по материалам IX Международной научно-практической конференции*, Уфа, 06 декабря 2022 года. Т. 4. Уфа: ООО «Научно-издательский центр «Вестник науки»; 2022:167-172.
5. Статистика погоды в Альметьевске [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://meteo9.ru/statistics_v_alymetyevske/zr3X, свободный – (дата обращения: 23.07.2025).
6. Клиник Б.Е., Подателева Л.Ф. Геологическая карта Российской Федерации. Геологическая карта и карта полезных ископаемых четвертичных образований. Лист N-39-XI. Масштаб 1:200 000. М.: ФГУГП «Волгагеология»; 2000.
7. Тихоненко Н.И. и др. Гидрогеологическое строение и гидрогеологические условия бассейнов рек Степного Зая, Мелли и Мензели (Отчет о работе Альметьевской гидрогеологической партии за 1965-1967 годы). Куйбышев; 1967.
8. Дятлова В.К., Вязалкин И.В. Отчет по эколого-гидрогеологической съемке масштаба 1:200 000 на юго-востоке Татарстана. Дзержинск; 1998.
9. Соловьева М.А., Клиник Б.Е., Подателева Л.Ф. Геологическая карта Российской Федерации. Геологическая карта и карта полезных ископаемых дочетвертичных образований. Лист N-39-XI. Масштаб 1:200 000. М.: ФГУГП «Волгагеология»; 2000.
10. Справочное руководство гидрогеолога. Под ред. В.М. Максимова. Л.: Недра; 1979.
11. Гидрогеология СССР. Сводный том. М.: Недра; 1976.
12. СП 104.13330.2016. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85. М.; 2016.
13. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003. М.; 2012.
14. Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий «Техническое перевооружение ОСВС 7/8 и 9/10 заводов». Казань: АО «Нефтехимпроект»; 2024.

References

1. Mel'nikov M.N., Hisamutdinova E. V., Badretdinov M.A. Melnikov M.N., Khisamutdinova E.V., Badretdinov M.A. Identification of causes of uncontrolled flooding of Almetyevsk and development of proposals for its prevention. *Management of Technosphere*. 2018;1(1):17–33 (in Russian).
2. Anisimov B.V. et al. Conclusion on the causes of groundwater flooding of Almetyevsk. TatNIPIneft archives, Bugulma, 1995 (in Russian).
3. Germanova L.V. Assessment of hydrogeological conditions of the territory in the southeast of Tatarstan in connection with flooding. JSC Tatneft archives, Almetyevsk, 1997 (in Russian).
4. Shakirzyanova G.N., Maltsev K.A. Territories with special conditions of use: flooding zones. Modern Scientific Research: Theory, Methodology, Practice: Collection of scientific articles based on the materials of the IX International Scientific and Practical Conference, Ufa, December 6, 2022. Part 4. Ufa: Scientific Publishing Center “Vestnik Nauki”, 2022, 167–172 (in Russian).
5. Almetyevsk Weather Statistics. Available at: https://meteo9.ru/statistics_v_almetyevske/zr3X (accessed: 23 July 2025 (in Russian)).
6. Klink B.E., Podatleva L.F. Geological Map of the Russian Federation. Geological map and map of quaternary formations mineral deposits. Sheet N-39-XI, scale 1:200,000. FGPU “Volgaggeology”, 2000 (in Russian).
7. Tikhonenko N.I. et al. Hydrogeological structure and hydrogeological conditions of the Stepnoy Zay, Mell and Menzelya rivers basins (Report on the work of the Almetyevsk hydrogeological party for 1965–1967). Kuibyshev, 1967 (in Russian).
8. Dyatlova V.K., Vyazalkin I.V. Report on ecological and hydrogeological survey at a scale of 1:200,000 in the southeast of Tatarstan. Dzerzhinsk, 1998 (in Russian).
9. Solovieva M.A., Klink B.E., Podateleva L.F. Geological map of the Russian Federation. Geological map and map of useful fossils of Pre-Quaternary Formations. Sheet N-39-XI, scale 1:200,000, Volgaggeologiya, 2000 (in Russian).
10. Hydrogeologist's Reference Handbook, edited by V.M. Maksimov. Leningrad, Nedra, 1979 (in Russian).
11. Hydrogeology of the USSR. Consolidated Volume. Moscow: Nedra, 1976 (in Russian).
12. SP 104.13330.2016. Engineering Protection of the Territory from Flooding and Underflooding. Updated version of SNiP 2.06.15-85 (in Russian).
13. SP 116.13330.2012. Engineering Protection of Territories, Buildings, and Structures from Hazardous Geological Processes. Fundamentals. Updated version of SNiP 22-02-2003 (in Russian).
14. Technical Report on the Results of Engineering and Geological Surveys «Technical Refurbishment of Wastewater Treatment Plants 7/8 and 9/10.» Neftekhimproekt JSC, Kazan, 2024 (in Russian).

Об авторах

КРАСИЛЬНИКОВ Павел Анатольевич – д.г.-м.н., проф., ФГАОУ ВО Пермский национальный исследовательский политехнический университет, ORCID ID: 0000-0002-0602-6143, Researcher ID: L-4526-2013, Scopus Author ID: 57207559948, SPIN: 5077-2091

E-mail: geolnauka@gmail.com

ЯРКОВ Максим Игоревич – гидрогеолог 1 категории, ООО НИПППД «НЕДРА», асп. каф. инженерной геологии и охраны недр ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», ORCID ID: 0009-0000-7403-1959, Scopus Author ID: 59490446900

E-mail: maxforj@yandex.ru

ТАТАРКИН Алексей Викторович – д.т.н., проф. каф. Инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета. ул. Букирева, 15, 614000, г. Пермь, РФ. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4446-5507>. ResearcherID: HGD-2355-2022, Scopus Author ID: 55937468700, SPIN: 3177-3869

E-mail: vsto08@mail.com

About the authors

Pavel A. KRASILNIKOV – Doct. Sci (Geology and Mineralogy), Professor, Perm National Research Polytechnic University, ORCID ID: 0000-0002-0602-6143, ResearcherID: L-4526-2013, Scopus Author ID: 57207559948, SPIN: 5077-2091

E-mail: geolnauka@gmail.com

Maxim I. YARKOV – 1 Category Hydrogeologist, LLC NIPPPPD “NEDRA”, PhD Student at the Department of Engineering Geology and Subsoil Protection, Perm State National Research University», ORCID ID: 0009-0000-7403-1959, Scopus Author ID: 59490446900

E-mail: maxforj@yandex.ru

Alexey V. TATARKIN – Doct. Sci.(Technical), Professor, Department of Engineering Geology and Subsoil Protection, Perm State National Research University. 15, Bukirev St., 15, 614000, Perm, RF. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4446-5507>. ResearcherID: HGD-2355-2022, Scopus Author ID: 55937468700, SPIN: 3177-3869

E-mail: vsto08@mail.com

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации

Authors' contribution

All authors made equivalent contributions to the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Корреспондент автор имеет право и полномочия выступать от имени всех авторов по этому исследованию.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interest. The corresponding author has the right and authority to speak on behalf of all authors on this study.

Поступила в редакцию / Submitted 12.09.2025

Принята к публикации / Accepted 25.09.2025