

ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 550; 550.34; 556.

DOI: [10.46698/VNC.2022.70.30.001](https://doi.org/10.46698/VNC.2022.70.30.001)

Оригинальная статья

Инженерно-геологические и геоморфологические условия г. Каспийска в связи с подтоплением

В. М. Кондаков^{ID}, С. А. Мамаев^{ID}, М. А. Мусаев^{ID}, А. С. Мамаев^{ID}

Институт геологии Дагестанского научного центра РАН, Россия, 367010,
Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Ярагского, 75, e-mail: dangeogis@mail.ru

Статья поступила: 15.07.2022, доработана: 19.08.2022, одобрена в печать: 26.08.2022

Резюме: Актуальность работы. Определение геоморфологических и гидрогеологических условий площади г. Каспийска, включая Карабудахкентский район, в связи с застройкой города и процессами подтопления территории имеет важное значение. В настоящее время город Каспийск также как и г. Махачкала интенсивно расширяется во все стороны. Район изучения относится к Приморской равнине с отрицательными и положительными отметками рельефа. В связи с высоким уровнем грунтовых вод (УГВ), более критической величины, отмечается их высокая агрессивность, а также и грунтов, залегающих выше УГВ, изменяются и сейсмоакустические свойства грунтов. **Цель работы.** Определить зоны дренированных (З-Д), слабодренированных (З-СД) и весьма слабодренированных (З-ВСД) территорий, определить застойные площади и гидрогеологические районы в зависимости от соотношения фильтрационных свойств верхней и нижней (если имеется) толщи грунтов. **Методы исследований.** Сбор накопленного материала по инженерным изысканиям. Составление таблиц химизма грунтовых вод. Определение и интерпретация фильтрационных свойств верхних водовмещающих толщ грунтов, включительно до регионального водоупора. Определение уклона дневной поверхности на характерных створах с общим понижением к морю. **Результаты работы.** Приведен химический состав грунтовых вод по 15-ти объектам. Показаны гидрогеологические условия площади города по данным инженерно-геологических изысканий, по 35-ти объектам, в том числе глубина залегания грунтовых вод, тип грунтов по сейсмичности, глубина залегания регионального водоупора, типы трех гидрогеологических районов, уклонов рельефа местности. Определены зоны дренированности территории и границы между ними. Так, показана площадь погребенной лагуны с минерализацией грунтовых вод от 21 г/литр (у озера Ак-Гель) до 89 г/литр (МКР-9). Для гидрогеологического района ГР-1 рекомендуется горизонтальный тип дренажа, для ГР-2 – вертикальный или комбинированный типы дренажа, для ГР-3 – подземный дренаж не эффективен. Указано о необходимости сейсмического микрорайонирования города Каспийска с перспективой дальнейшей застройки. Указано о необходимости сейсмического микрорайонирования не только исследованного района, но и всего города Махачкалы, с перспективой дальнейшей застройки.

Ключевые слова: грунтовые воды, подтопление, дренирование, погребенная лагуна, гидрогеологические районы, сейсмичность.

Для цитирования: Кондаков В. М., Мамаев С. А., Мусаев М. А., Мамаев А. С. Инженерно-геологические и геоморфологические условия г. Каспийска в связи с подтоплением. *Геология и геофизика Юга России*. 2022. 12 (3): 6-17. DOI: 10.46698/VNC.2022.70.30.001

DOI: [10.46698/VNC.2022.70.30.001](https://doi.org/10.46698/VNC.2022.70.30.001)

Original paper

Engineering-geological and geomorphological conditions of Kaspiysk in connection with flooding

V. M. Kondakov^{id}, S. A. Mamaev^{id}, M. A. Musaev^{id}, A. S. Mamaev^{id}

Institute of Geology, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 75 Yaragskiy Str., Makhachkala 367010, Russian Federation, e-mail: dangeogis@mail.ru

Received: 15.07.2022, revised: 19.08.2022, accepted: 26.08.2022

Abstract: Relevance. Determining the geomorphological and hydrogeological conditions of the area of the city of Kaspiysk, including the Karabudakhkent district, in connection with the development of the city and the processes of flooding of the territory is of great importance. At present, the city of Kaspiysk, as well as the city of Makhachkala, is intensively expanding in all directions. The study area belongs to the Primorskaya Plain with negative and positive relief marks. Due to the high level of groundwater (GWL), more than a critical value, their high aggressiveness is noted, as well as soils lying above the GWL, the seismoacoustic properties of soils also change. **Aim.** Determine the zones of drained (Z-D), poorly drained (Z-SD) and very poorly drained (Z-VSD) territories, determine stagnant areas and hydrogeological regions depending on the ratio of the filtration properties of the upper and lower (if any) soil strata. **Methods.** Collection of accumulated material on engineering surveys. Compilation of tables of groundwater chemistry. Determination and interpretation of the filtration properties of the upper water-bearing soil strata, including up to the regional aquiclude. Determination of the slope of the day surface on characteristic sections with a general depression towards the sea. **Results.** Given the chemical composition of groundwater for 15 objects. The hydrogeological conditions of the city area are shown according to engineering and geological surveys, for 35 objects, including the depth of groundwater, the type of soil in terms of seismicity, the depth of the regional aquiclude, the types of three hydrogeological regions, and the slopes of the terrain. The drainage zones of the territory and the boundaries between them are determined. Thus, the area of the buried lagoon with groundwater mineralization from 21 g/liter (near Lake Ak-Gel) to 89 g/liter (MKR-9) is shown. For the hydrogeological region GR-1, a horizontal type of drainage is recommended, for GR-2 – vertical or combined types of drainage, for GR-3 – underground drainage is not effective. The need for seismic microzoning of the city of Kaspiysk with the prospect of further development was indicated. The need for seismic microzoning of not only the studied area, but the entire city of Makhachkala, with the prospect of further development, was indicated.

Keywords: groundwater, flooding, drainage, buried lagoon, hydrogeological areas, seismicity.

For citation: Kondakov V. M., Mamaev S. A., Musaev M. A., Mamaev A. S. Engineering-geological and geomorphological conditions of Kaspiysk in connection with flooding. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2022. 12 (3): 6-17. DOI: 10.46698/VNC.2022.70.30.001

Введение

В связи с подтоплением г. Махачкалы ранее была рассмотрена центральная и юго-восточная часть города [Кондаков, Кондакова, 2019; Ревелис, Кучеренко, 1969]. В настоящей статье продолжается аналогичный анализ площади г. Каспийска (рис. 1). Основной гидрографической единицей прибрежных городов является Каспийское море. Уровень моря испытывает значительные колебания, наблюдаемые даже за последние сто лет. С 1929 года по 2022 год упал более 3 м, достигнув самого низкого положения (–29 м), за период в 700 лет. В северной части Каспийского моря по

оперативным данным морских станций и постов (Пешной, Жанбай, Кулалы остров, Тюлений остров (Росгидромет), среднее значение уровня моря соответствовало отметке минус 28,47 м на 22 января 2022 года.

Условиями развития подтопления (СП 11-105-97 часть 1, 2, 3; Отчет о СМР г. Каспийска, 1990) являются: подпор грунтовых вод (ГВ) на побережьях рек, озер, водохранилищ, моря, орошение сельскохозяйственных культур.

Природные условия. В тектоническом отношении район работ относится к южному крылу Восточно-Предкавказского краевого прогиба, осложненной Нарат-Тюбинской зоной разрывов [Брод, 1938; Островский и др., 1994; Хаин, Ломизе, 1995; Мамаев и др., 2020].

Территория г. Каспийска в геоморфологическом отношении представляет равнину, осложненную в юго-восточной части грядобразной возвышенностью (гора Турали, +30 м) представляющий останец древних сарматских отложений. Гора вытянута на 1,5 км (согласно простирацию коренных пород) при ширине 0,5 км. Равнина занимает более 90% территории города и представлена морскими террасами верхнехвалынского и новокаспийского возраста. Низменная часть города представлена тремя террасами: сартасская (–16 м), низкой – дагестанской (от –20 м до –22 м)



Рис. 1. Зоны дренированности г. Каспийска.

Условные обозначения:



– 3-Д – $> 0,01$ – зона дренированная; 3-CD – $0,01-0,005$ – зона слабодренированная; 3-BCD – $< 0,005$ – зона весьма слабодренированная /

Fig. 1. Drainage zones of Kaspysk.

Legend:



– Z-D – $> 0,01$ – drainage zone; Z-SD – $0,01-0,005$ – poorly drained zone; Z-VSD – $< 0,005$ – the zone is very poorly drained

и новокаспийской (от –22 м до –24 м). В юго-западной части сартасской террасы отмечаются обширные площади заболачивания. Общая мощность аккумулятивных отложений на новокаспийской террасе достигает 16 м, на дагестанской и сартасской от 3 до 13 м.

Новокаспийская терраса (от –22 м до –24 м) протягивается вдоль моря узкой полосой, от 100 м до нескольких километров. Грунтовые воды на новокаспийской террасе формируются за счет инфильтрации атмосферных осадков, воды пресные и солоноватые.

Гидрография. С юго-западной стороны территории протягивается канал им. Октябрьской Революции (КОР), который наполняет Уйташское водохранилище. Дно и стенки последнего покрыты водоизоляционным материалом. Некоторая доля фильтрации воды из канала происходит с его дна, что видно по заболоченности прилегающей к каналу территории. Длина водохранилища составляет 1,1 км, ширина 270 м, а расстояние от трассы Р-2172,1 км. Ниже водохранилища расположен пруд Рыбье, как накопитель воды (для садоводческих обществ). Напротив г. Каспийска также с юго-западной стороны имеются приблизительно 2-3 водотока питающие местные пруды, в т. ч. Приуйташский (со стороны г. Дербента, Р-217). Здесь имеет место и коллекторная сеть в виде одного водотока, дренирующего грунтовые воды. Коллектор проходит от северо-восточной окраины кирпичного завода, затем по современной улице 41 линия до ул. Ленина, далее параллельно старой трассе до Хушетского шоссе и к морю. Природные и техногенные факторы создали условия для подтопления г. Каспийска.

В тектоническом отношении г. Каспийск приурочен к структуре Восточного Предкавказского краевого прогиба в пределах довольной крупной брахиантиклинальной складки, в ядре которой выходят глины нижней части верхнего сармата. Эта складка вытянута в направлении Северо-запад 315° и Юго-восток – 135° . Падение складки на Северо-восток 45° составляет 8° – 12° .

В геологическом строении района принимают участие новокаспийские и хвалынские образования до глубины 4,0–16,0 м. Ниже залегают коренные неогеновые отложения сарматского яруса, представленные известняками и твердыми слоистыми песчаными глинами. Последние залегают до глубины 500 м.

Речка Черкез-Озень берет свое начало за южной границей города в Талгинском ущелье. Общая длина реки более 24 км, водосборная площадь около 153 км². В период таяния снегов и выпадения ливневых дождей водные потоки, стекающие по многочисленным балкам и оврагам, резко повышают уровень воды в речке. В остальное время года, особенно в июле-августе, это небольшой, иногда пересыхающий ручей, впадающий в Каспийское море у пос. Турали-1. В настоящее время территория застроена.

Методы исследований

Гидрогеологическое районирование территории г. Каспийска. При районировании территории были использованы принципы таксономических единиц, предложенные ранее в работах Кац Д. М., Шестаков В. М. Коэффициенты фильтрации были взяты по аналогии с гранулометрическим составом [Кац, Шестаков, 1981] и кустовых откачек, проведенных на площади г. Каспийска. В результате гидрогеологического районирования были выделены зоны дренированности и гидрогеологические районы. Зоны дренированности (З-Д) были выделены по уклону релье-

фа: как зоны дренированные (уклон рельефа $>0,01$). Транзитная область движения грунтовых вод характеризуется как зоной дренированной (З – Д) и слабо дренированной (З – СД), где уклон рельефа меняется от 0,02 до 0,005. Область разгрузки грунтовых вод выражена весьма слабодренированной зоной (З – ВСД). Площади разгрузки грунтовых вод в естественных условиях выражены солончаками и солонцами с характерным белесым видом.

Таблица 1 / Table 1

**Результаты химического анализа проб грунтовых вод,
отобранных в г. Каспийске /
Results of chemical analysis of ground water samples taken in Kaspiysk**

Дата / Date	Место проведения работ / Place of work	Сухой остаток, мг/л / Dryresidue, mg/l	Анионы, мг/л / Anions, mg/l			Катионы, мг/л / Cations, mg/l			pH
			HCO ₃ '	SO ₄ ''	Cl'	Ca''	Mg''	K'+Na'	
02.2013	Жилой дом Ак-Гель «НУР», г. Махачкала / Residential building Ak-Gel «NUR», Makhachkala	21200	1586	9120	4260	701	1098	4853	7,6
03.2012	Пр-т Газовиков, г. Махачкала / Gazovikov Av., Makhachkala	15770	451	4800	5460	700	1440	2502	8,0
05.2004	Ул. Ленина, 15 / st. Lenina, 15	1360	586	480	57	150	43	235	7,0
11.2006	Гостиница «Лагуна 2» / Hotel «Laguna 2»	3120	854	960	603	200	91	770	7,2
03.2010	МКР-9, Ю-В от Хазар / MKR-9, SE from Khazar	89200	1098	30960	26625	1804	2867	25024	7,4
04.2015	МКР-10. П. 4, кольцо / MKR-10. P. 4, ring	85800	1342	30024	25382	1703	2623	24437	6,9
05.2019	МКР-10 – д. сад / MKR-10 – kindergarten	77200	1037	27360	22542	1503	1708	23161	6,6
08.2017	МКР-7, ул. Хизроева / MKR-7, st. Khizroeva	85000	1159	17520	35925	1703	1891	26588	7,2
09.2012	Ипподром, г. Махачкала / Hippodrome, Makhachkala	46000	793	10800	14910	541	555	13455	7,3
05.2004	Приморская, 49 / Primorskaya, 49	2160	488	600	461	1000	49	563	7,0
06.2004	пер. Школьный, 5 / Shkolny Lane, 5	7739	854	3072	426	421	220	1173	6,7
07.2004	МКР Кирпичный / MKR Brick	1580	647	475	224	189	97	215	7,2
08.2016	МКР-11, уч. 32 / MKR-11, account. 32	74800	1464	18240	27960	10002	854	24472	7,0
02.2016	«Бриз», ресторан / «Breeze» restaurant	1600	850	480	114	170	49	770	7,0

Таблица 2 / Table 2

Гидрогеологические условия г. Каспийска по данным инженерно-геологических изысканий / Hydrogeological conditions of the north-western area of Kaspiysk according to engineering and geological surveys

№ п/п / No. p/p	Место проведения работ / Place of work	Дата / The date	Глубина залегания грунтовых вод (ГВ), м / Ground water depth (GW), m	Категория грунтов по сейсмично- сти / Soil category by seismicity	Коэффициент водопроницаемости (КВ), м ² /сут / Water conductivity coefficient (KV), m ² /day		Гидрогеологические районы (ГР), ГР-1; ГР-2; ГР-3 / Hydrogeological regions (GR), GR-1; GR-2; GR-3	Глубина залегания коренных по- род (N 1s), м / Depth of bedrock oc- currence (N 1s), m	Уклон рельефа / Terrain slope
					Верхней толщи / Upper stratum	Нижней толщи / Lower stratum			
1	МКР-10, 200 м на юг от стадиона «Анжи-Арена» / MKR-10, 200 m south of the Anzhi-Arena stadium	04.2019	1,9	2	2	-	2-3	7,0	0,005
2	МКР «Кемпинг», кольцо скоростной трассы / MKR «Camping», ring of the highway	05.2015	1,3	2	2	-	2-3	8,0	0,005
3	Гостиничный комплекс в г. Каспийске / Hotel complex in Kaspiysk	10.2014	2,0-4,0	2-3	30	-	1	9,0	0,01
4	«Дом отдыха по ул. Халилова, 1Г / «Recreation house on the str. Khalilova, 1G	12.2017	2,0-4,0	3	40	-	1	12-13	0,005
5	«Многokвартирные жилые дома с магазинами»/ «Apartment buildings with shops»	06.2016	2,0	2	1-2	-	2-3	4,0	0,005
6	Жилой комплекс «Позитив» / Residential complex «Positive»	03.2017	1,6	2	1	-	3	6,0	0,005
7	7-миэт. ж/д по ул. Ленина (церковь) / 7 th fl. railway on the street. Lenin (church)	08.2015	2,0	3	50	-	1	12,0	0,005
8	Детский сад №3 / Kindergarten №3	04.2016	2,0	3	40	40	1	13-15	0,005
9	12-тиэт. жилой дом по ул. Халилова, 3а / 12 floor residential building on str. Khalilova, 3a	03.2015	4,0	3	70	20	1	16	0,005
10	Блок «Фэмели-В»/Block «Family-V»	12.2017	1,0	2	1-2	-	2-3	3-5	0,005
11	МКР-7 12-тиэт. дом / MKR-7 12 floor house	03.2014	1,0	2	1-2	-	2-3	4-5	0,005

12	Линия 29а, МКР Кемпинг / Line 29a, MKR Camping	12.2015	1,0	2	2	-	2	9,0	0,005
13	МКР Центральный / MKR Central	03.2015	1,0	2	1-2	-	2-3	4-5	0,005
14	МКР Центральный, поз. 34, 35, 36 / MKR Central, pos. 34, 35, 36	03.2015	1,0	2	1-2	-	2-3	4-5	0,005
15	В МКР-10, поз. 4 / in MKR-10, pos. 4	04.2015	1,0	2	1-2	-	2-3	4-5	0,005
16	Блок С / Block C	02.2016	1,0	2	1-2	-	2-3	4-5	0,005
17	МКР-11, уч. 32 / MKR-11, account. 32	08.2016	1,0	2	1	-	3	7-9	0,005
18	Блок Д / Block D	10.2016	1,0	2	1-2	-	2-3	3-4	0,005
19	ул. Хизроева / str. Khizroeva	07.2016	2,0	2	1	-	3	4-5	0,005
20	ул. Батырая / str. Batyray	11.2013	1,0	2	2-4	-	2	5	>0,01
21	ул. Байрамова, 7а / st. Bayramova, 7-a	10.2017	1,5	2	1-2	-	2-3	4,0	0,01
22	ул. Абдулманапова / str. Abdulmanapova	12.2011	1,5	2	50	-	1	8,0	0,01
23	Бриз / Breeze	2016	3,5	3	50	-	1	14,0	0,005
24	ул. Мира, 3 / str. Mira, 3	09.2012	2,5	2	5-10	-	1	6,0	>0,01
25	ул. Орджоникидзе, 17, 21 / str. Ordzhonikidze, 17, 21	08.2012	2,5	2	5-10	-	1	5,0	>0,01
26	Спортзал (кемпинг) / Gym (camping)	10.2019	2,8	2	30	1	1	8,0	0,005
27	ул. Хизроева (напротив администрации) / str. Khizroeva (opposite the administration)	12.2010	1,5	2	1	-	3	4-5	>0,01
28	12-тиэт. в МКР-9 в юго-вост. «Хазар» / 12 floor in MKR-9 in the south-east. «Khazar»	03.2010	1,5	2	1	-	3	4,0	0,005
29	Ленина, 15, 9-тиэт. дом / Lenina, 15, 9 th floor house	04.2010	2,5	2	20	-	1	5,0	0,005
30	ул. Махачкалинская, 4 / str. Makhachkala, 4	08.2011	1,2	2	1-2	-	2-3	4,0	0,01
31	ул. Байрамова, 27 / str. Bayramova, 27	11.2011	1,5	2	4	-	2	7,0	0,01
32	МКР-6, 32 поз., при въезде слева к морю 250 м / MKR-6, 32 pos., at the entrance on the left to the sea 250 m	08.2010	2,0	2	15	-	1	5,0	0,005
33	ул. Советская, 10 / str. Soviet, 10	01.2011	2,0	2	30		1	6,0	0,01
34	Эл. подстанция / Electro. substation	10.2009	1,0	2	2	5	2	5,0	0,01
35	ул. Кирова, 68а / str. Kirova, 68a	08.2017	1,0	2-3	60	-	1	9,0	0,005

Влияние грунтов на сейсмичность. Несущие свойства грунтов зависят от их обводнения, связанные с суммами атмосферных осадков, с подъемами и опусканиями уровней морей, озер, рек, а также от антропогенной деятельности, в том числе, от площадей асфальта и крыш домов [Cooper et al., 1965; Медведев, 1962; Заалишвили, 2009; Shi et al., 2015; Копылова, 2009; Zhang et al., 2018; Chao et al., 2018; Ivanov et al., 2018; Yu et al., 2015].

Также можно отметить, что естественной разгрузке грунтовых вод может препятствовать уплотнение грунтов в результате их обводнения под фундаментами зданий. В качестве примера можно отметить случай озера Ак-Гель в г. Махачкале, который подвергся обмелению, где именно был нарушен естественный приток грунтовых вод в озеро, в процессе строительства многоэтажных домов со стороны п. Тарки, с фундаментами до 4 метров глубиной. Сейсмические свойства грунтов под зданиями и сооружениями и уровень грунтовых вод изменяются и в процессе строительства и эксплуатации объектов под воздействием техногенных явлений. Хотя принято, что влияние грунтовых вод при их уровне ниже 10 м не существенно.

В четвертичное время исследуемая территория испытывала поднятие. Лестница четвертичных морских террас свидетельствует о постепенном воздымании в течение всего времени с равной скоростью на всем протяжении Каспийского побережья [Федоров, 1957]. Наибольшее распространение на территории города Каспийска имеют место суглинки и глины дагестанской и сартасской террас, которые находятся в обводненном состоянии в виду высокого уровня грунтовых вод.

Для расчетов приращения сейсмической интенсивности на обводненных территориях используется только данные по скоростям распространения упругих поперечных волн, которые не зависят от обводненности грунта. По анализу инженерно-геологических и геофизических условий территории города Каспийска (Отчет о сейсмическом микрорайонировании территории г. Каспийска, 1990), глины на глубине 3 м имеют скорости поперечных волн 280 м/с, а суглинки – 310 м/с. Средняя плотность для глин и суглинков, согласно экспликация к карте инженерно-геологического районирования, составляет 1,95 кг/м³. Согласно пункту 5.1 РСН60–86 для грунтов II категории $V_p/V_s = 2$. Исходя из этого, наши средние грунты в необводненном состоянии должны иметь скорости продольных волн 580 м/с.

В связи с изложенным выше, необходимо провести работы по созданию цифрового комплекса (цифровая платформа), с использованием геоинформационных технологий и специализированного дистанционного зондирования (далее СДЗ), в рамках разработки единой государственной геоинформационной системы «Цифровая геологическая карта» Республики Дагестан (ГИС ЦГК РД), в части выявления опасности, обработки и мониторинга сейсмической обстановки. Для этого необходимо использовать результаты работ по сейсмотектоническому исследованию и по сейсмическому микрорайонированию территории г. г. Махачкалы, Каспийска, Дербента и других объектов. Подобный опыт работ имеется в Институте геологии ДФИЦ РАН [Черкашин и др., 2003; Ибаев и др., 2008].

Можно отметить также необходимость проведения сейсмического микрорайонирования территории г. Каспийска, в связи с расширением города и изменениями грунтовых условий под зданиями и сооружениями.

Результаты работ и их обсуждение

Гидрогеологические районы были выделены по соотношению водопроницаемости верхней и нижней покровных толщ до глубины залегания регионального водоупора.

Гидрогеологический район 1 (ГР-1) представляет собой случай залегания двухслойной тощи: сверху хорошо проницаемая водоносная толща с мощностью от 5 до 10 м. Коэффициент водопроницаемости (КВ) верхней толщи составляет от 4 до 50 м²/сут и более, а нижней толщи – от 0,0 м²/сут и более. Глубина залегания регионального водоупора меняется в пределах 5-16 м. ГР-1 характерен для территории новокаспийской террасы морю от ул. Ленина; по ул. Халилова – парковая зона. На рисунках 2 и 3 показаны типичные инженерно-геологические разрезы, демонстрирующие залегание покровных толщ на исследуемом районе.

Гидрогеологический район 2 (ГР-2) представляет собой случай залегания одной водоносной толщи мощностью от 5 до 10 м с коэффициентом водопроницаемости (КВ) до 4 м²/сут. Инженерно-геологические разрезы, характерные для гидрогеологического района 2 это площади многоэтажных домов МКР-9, МКР-10, а также ул. Батырая, Байрамова, 29 линия).

Гидрогеологический район 3 (ГР-3) представлен слабопроницаемыми одной или двухслойной толщей, с КВ равным или менее 1 м²/сут. Глубина залегания регионального водоупора меняется в пределах 5-14 м, более часто до 6 м. Примерами служат следующие объекты: ул. Хизроева, ул. Махачкалинская, площади МКР-9, МКР-10, МКР Центральный. Перечисленные площади ГР-3 (объекты) с сочетанием весьма слабой зоной дренированности (З-ВСД) являются барражными участками, препятствием для потоков грунтовых вод, их оттока.

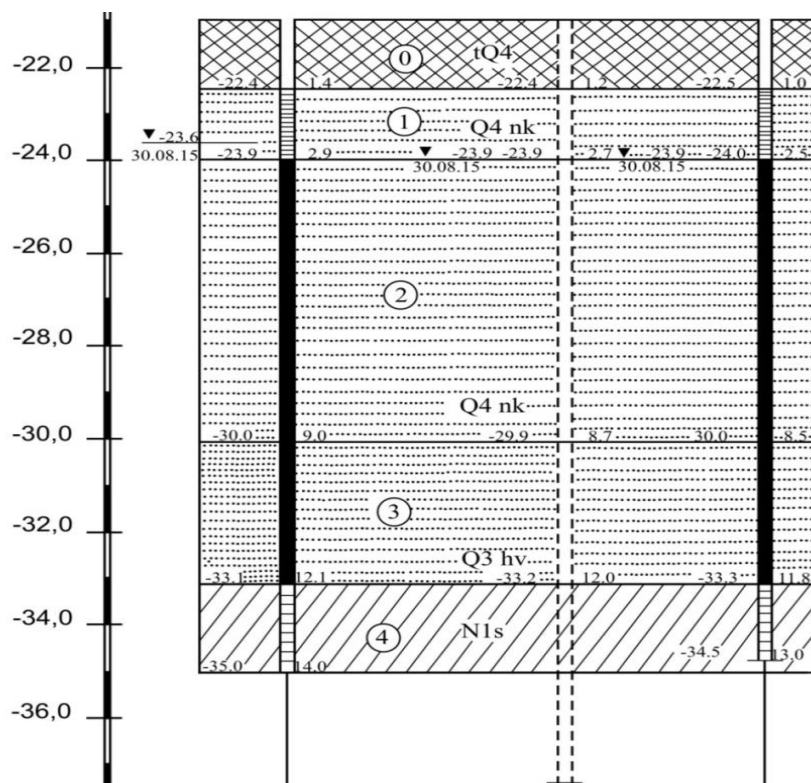


Рис. 2. Инженерно-геологический разрез по ул. Ленина (бывший летний кинотеатр).
0 – Насыпной грунт, 1 – Песок мелкий маловлажный, 2 – Песок мелкий водонасыщенный,
3 – Песок пылеватый, 4 – Суглинок полутвердый /

Fig. 2. Engineering-geological section on Lenin Street (former summer cinema).
0 – Bulk soil, 1 – Shallow and low-moisture sand, 2 – Shallow water-saturated sand,
3 – Dustysand, 4 – Semi-solid loam

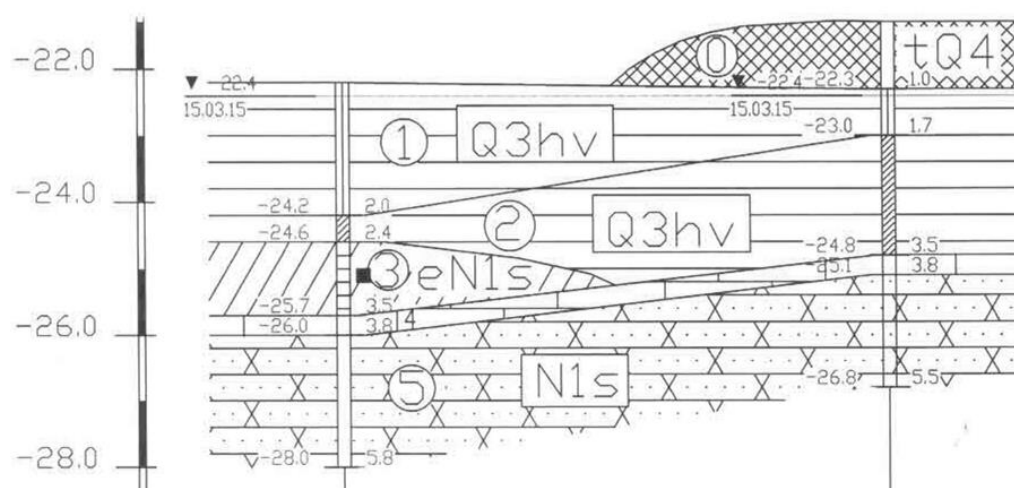


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез по ул. Ленина, въезд справа (район Центральный):

0 – насыпной грунт, 1 – глина тугопластичная, 2 – глина мягкопластичная, 3 – суглинок элювиальный, 4 – известняк, 5 – песчаник /

Fig. 3. Engineering-geological section on Lenin Street, the entrance is on the right. (Central district):
0 – Bulksoil, 1 – Clayis refractory, 2 – Clayis soft-plastic, 3 – Eluvial loam, 4 – Limestone, 5 – Sandstone

Выводы

1. Проведенное гидрогеологическое районирование по точкам позволяет оценить территорию по процессу подтопления и необходимости проведения работ, как создание горизонтального, вертикального или комбинированного типа дренажа или сооружение ливневого стока.

2. Процесс подтопления на территории города, слабо и весьма слабо дренированной, при дальнейшем строительстве будет усиливаться, особенно многоэтажными жилыми домами.

3. Показана площадь древней лагуны, с грунтовыми водами, которые соответствуют рассолам. Это вызвано естественными природными условиями при аридном климате: как весьма слабо дренированной зоной; верхними слабопроницаемыми отложениями – глинами и суглинками с отсутствием песчаных слоев. Здесь расходная часть баланса грунтовых вод выражена испарением.

Литература

1. Брод И. О. Тектоника и нефтеносность Восточного Предкавказья. // Советская геология. – 1938. – Т. VIII. № 7. – С. 3-23.
2. Заалишвили В. Б. Сейсмическое микрорайонирование территорий городов населенных пунктов и больших строительных площадок. – М.: Наука, 2009. – 350 с.
3. Ибаев Ж. Г., Мамаев С. А. Общие принципы разработки постоянно действующей гидрогеолого-математической модели Терско-Кумского артезианского бассейна. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2008. – № 52. – С. 260-264.
4. Кац Д. М., Шестаков В. М. Мелиоративная гидрогеология. – М.: Недра, 1981. – 296 с.
5. Кондаков В. М., Кондакова Н. В. Интерпретация фильтрационных свойств водоносных песков. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2019. – № 2 (77). – С. 50-54.

6. Кондаков В. М., Мамаев С. А., Мусаев М. А., Мамаев А. С. Инженерно-геологические условия северо-западной территории г. Махачкалы в связи с подтоплением. // *Геология и геофизика Юга России*. – 2021. – Т. 11 (3). – С. 45-54. DOI: 10.46698/VNC. 2021.18.33.004.
7. Копылова Г. Н. Оценка информативности уровнемерных наблюдений в скважинах для поиска гидрогеодинамических предвестников землетрясений (на примере Камчатки). // *Геофизические исследования*. – 2009. – Т. 10. № 2. – С. 56-68.
8. Мамаев С. А., Юсупов А. Р., Мамаев А. С., Юсупов З. А. Сейсмоструктура высокогорной части Восточного Кавказа и перспективы газоносности на примере естественного проявления газа с. Цущар (Дагестан). // *Геология и геофизика Юга России*. – 2020. – Т. 10. № 4. – С. 150-163. DOI: 10.46698/VNC. 2020.88.37.009
9. Медведев С. В. Инженерная сейсмология. – М.: Госстройиздат, 1962. – 260 с.
10. Островский В. Н., Островский Л. А., Шахнова Р. К. Региональные гидрогеологические классификации и картографирование. // В сб. научн. тр.: *Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и экогеологии*. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1994. – С. 5-12.
11. Ревелис И. Л., Кучеренко И. В. Инженерно-геологический очерк территории города Махачкалы. – Махачкала: Дагестанское книжное издательство, 1969. – 88 с.
12. Федоров П. В. Стратиграфия четвертичных отложений и история развития Каспийского моря. // *Тр. ГИН АН СССР*. – 1957. – Вып. 10. – 304 с.
13. Хаин В. Е., Ломизе М. Г. Геотектоника с основами геодинамики. / Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 480 с.
14. Черкашин В. И., Мамаев С. А., Ибаев Ж. Г., Маммаев А. О. Создание информационных электронных гидрогеологических карт с применением современных ГИС-технологий, мониторинг и анализ геоданных. // *Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН*. – 2003. – № 49. – С. 85-93
15. Chao N., Luo Z., Wang Z., Jin T. Retrieving groundwater depletion and drought in the Tigris-Euphrates basin between 2003 and 2015. // *Ground Water*. – 2018. – Vol. 56. No. 5. – pp. 770-782.
16. Cooper H. H., Bredehoeft J. D., Papadopoulos I. S., Bennet R. R. The response of well aquifer system to seismic waves. // *J. Geophysical Research*. – 1965. – Vol. 70. – pp. 3915-3926.
17. Ivanov P., Davis P., Sizov N., Pozdniakov S. Use of groundwater level fluctuations near an operating water supply well to estimate aquifer transmissivity. // *Ground Water*. 2018. – Vol. 59. No. 1. – pp. 49-58.
18. Shi Zh., Wang G., Manga M., Wang C.-Y. Mechanism of coseismic water level change following four great earthquakes – insights from coseismic responses throughout the China mainland. // *Earth and Planetary Science Letters*. – 2015. – Vol. 430. – pp. 66-74. DOI: 10.1016/j.epsl. 2015.08.012
19. Yu Z., Zhang L., Jiang P., Papelis C., Li Y. Study on water- rock interactions of trace elements in groundwater with leaching experiments. // *Ground Water*. – 2015. – Vol. 53. No. S1. – pp. 95-102.
20. Zhang Sh., Shi Zh., Wang G., Zhang Zh. Quantitative Assessment of the Mechanisms of Earthquake-Induced Groundwater-Level Change in the MP Well, Three Gorges Area. // *Pure Appl. Geophys.* – 2018. – pp. 2475-2484.

References

1. Brod I. O. Tectonics and oil content of the Eastern Ciscaucasia. *Soviet geology*. 1938. Vol. 8. No. 7. pp 3-23. (In Russ.)
2. Zaalishvili V. B. Seismic microzonation of urban territories, settlements and large construction sites. Moscow. Nauka. 2009. 305 p. (In Russ.)
3. Ibaev Zh. G., Mamaev S. A. General principles for the development of a permanent hydrogeological and mathematical model of the Terek-Kuma artesian basin. *Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center, RAS*. 2008. No. 52. pp. 260-264 (In Russ.)

4. Kats D.M., Shestakov V.M. Ameliorative hydrogeology. Moscow. Nedra, 1981. 296 p. (In Russ.)
5. Kondakov V.M., Kondakova N.V. Interpretation of filtration properties of water-bearing sands. Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center, RAS. 2019. No. 2 (77). pp. 50-54. (In Russ.)
6. Kondakov V.M., Mamaev S.A., Musaev M.A., Mamaev A.S. Engineering and geological conditions of the north-western territory of Makhachkala due to flooding. Geology and Geophysics of Russian South. Vol. 11 (3). pp. 45-54. DOI: 10.46698/VNC. 2021.18.33.004. (In Russ.)
7. Kopylova G.N. Evaluation of the information content of water level observations in wells for the purpose of hydrogeodynamic precursors of earthquakes detection (on the example of Kamchatka). Geophysical research. 2009. Vol. 10. No. 2. pp. 56-68. (In Russ.)
8. Mamaev S.A., Yusupov A.R., Mamaev A.S., Yusupov Z.A. Seismotectonics of the High Mountain Part of the Eastern Caucasus and the Prospects of Gas Content on the Example of the Natural Manifestation of Gas in Tsuschar Village (Dagestan). Geology and Geophysics of Russian South. 2020. Vol. 10. No. 4. pp. 150-163. DOI: 10.46698/VNC. 2020.88.37.009 (In Russ.)
9. Medvedev S.V. Engineering seismology. Moscow. Gosstroyizdat. 1962. 260 p. (In Russ.)
10. Ostrovsky V.N., Ostrovsky L.A., Shakhnova R.K. Regional hydrogeological classifications and mapping. Collection of scientific papers: Modern problems of hydrogeology, engineering geology and ecogeology. Moscow. VSEGINGEO. 1994. pp. 5-12. (In Russ.)
11. Revelis I.L., Kucherenko I.V. Engineering-geological sketch of the territory of the city of Makhachkala. Makhachkala. Dagestan publishing house. 1969. 88 p. (In Russ.)
12. Fedorov P.V. Stratigraphy of Quaternary deposits and history of the Caspian Sea development. Proceedings of Geological institute of AS USSR. 1957. Issue 10. 304 p. (In Russ.)
13. Khain V.E., Lomize M.G. Geotectonics with the basics of geodynamics. Textbook. Moscow. Publishing House of Moscow State University. 1995. 480 p. (In Russ.)
14. Cherkashin V.I., Mamaev S.A., Ibaev Zh.G., Mammaev A.O. Creation of information electronic hydrogeological maps using modern GIS technologies, monitoring and geodata analysis. Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center, RAS. 2003. No. 49. pp. 85-93. (In Russ.)
15. Chao N., Luo Z., Wang Z., Jin T. Retrieving groundwater depletion and drought in the Tigris-Euphrates basin between 2003 and 2015. Ground Water. 2018. Vol. 56. No. 5. pp. 770-782.
16. Cooper H.H., Bredehoeft J.D., Papadopoulos I.S., Bennet R.R. The response of well aquifer system to seismic waves. J. Geophysical Research. 1965. Vol. 70. pp. 3915-3926.
17. Ivanov P., Davis P., Sizov N., Pozdniakov S. Use of groundwater level fluctuations near an operating water supply well to estimate aquifer transmissivity. Ground Water. 2018. Vol. 59. No. 1. pp. 49-58.
18. Shi Zh., Wang G., Manga M., Wang C.-Y. Mechanism of coseismic water level change following four great earthquakes – insights from coseismic responses throughout the China mainland. Earth and Planetary Science Letters. 2015. Vol. 430. pp. 66-74. DOI: 10.1016/j.epsl. 2015.08.012
19. Yu Z., Zhang L., Jiang P., Papelis C., Li Y. Study on water-rock interactions of trace elements in groundwater with leaching experiments. Ground Water. 2015. Vol. 53. No. S1. pp. 95-102.
20. Zhang Sh., Shi Zh., Wang G., Zhang Zh. Quantitative Assessment of the Mechanisms of Earthquake-Induced Groundwater-Level Change in the MP Well, Three Gorges Area. Pure Appl. Geophys. 2018. –pp. 2475-2484.