

## ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 550; 550.34; 556.

DOI: [10.46698/VNC.2021.18.33.004](https://doi.org/10.46698/VNC.2021.18.33.004)

Оригинальная статья

## Инженерно-геологические условия северо-западной территории г. Махачкалы в связи с подтоплением

В. М. Кондаков , С. А. Мамаев , М. А. Мусаев , А. С. Мамаев 

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

Статья поступила: 15.07.2021, доработана: 18.08.2021, принята к публикации: 26.08.2021

**Резюме: Актуальность работы.** Определение геоморфологических и геологических условий северо-западной площади г. Махачкалы, включая Новолакский район (Новострой), в связи с процессами засоления, осолонцевания и подтопления сельскохозяйственных земель. В настоящее время город интенсивно расширяется во все стороны. Особенно актуально изучение северо-западной территории г. Махачкалы в связи с подтоплением. Район относится к Прикаспийской низменности с отрицательными отметками рельефа. Отсутствие исследований по указанным проблемам может привести к нежелательным материальным и экологическим последствиям. В связи с подтоплением изменяются и несущие способности грунтов. Изменяются сейсмоакустические свойства грунтов, т. е. скорости распространения продольных ( $V_p$ ) и поперечных ( $V_s$ ) волн, а также соответствующие коэффициенты и декременты их поглощения. **Цель работы.** Определить границы слабо дренированных и весьма слабо дренированных зон, которые выявляют барражные участки территории, и гидрогеологические районы в зависимости от водопроницаемости составных верхней и нижней толщ грунтов. **Методы исследований.** Сбор базы данных инженерно-геологических изысканий по химическому составу грунтовых вод и литологии покровных толщ грунтов. Сбор гидрогеологических параметров разных типов грунтов и гранулометрического состава песков с целью интерпретации их фильтрационных свойств. Определение уклона рельефа местности с целью выявления зон дренированности территории. **Результаты работы.** Представлены таблицы химического состава грунтовых вод по 19-ти объектам и гидрогеологических условий площади по данным инженерно-геологических изысканий по 39-ти объектам, в том числе глубины залегания грунтовых вод, типа грунтов по сейсмичности, глубины залегания коренных пород, трех таксонов гидрогеологических районов, уклонов рельефа. Для выделенных гидрогеологических районов: для 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 не только исследованного района, но и всего города Махачкалы, с перспективой дальнейшей застройки.

**Ключевые слова:** подтопление, дренирование, барражные участки, гидрогеологическое районирование, грунтовые воды, сейсмичность.

**Для цитирования:** 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. 11 (3): 45 – 54. DOI: [10.46698/VNC.2021.18.33.004](https://doi.org/10.46698/VNC.2021.18.33.004).

DOI: [10.46698/VNC.2021.18.33.004](https://doi.org/10.46698/VNC.2021.18.33.004)

Original paper

## Engineering and geological conditions of the north-western territory of Makhachkala due to flooding

V. M. Kondakov , S. A. Mamaev , M. A. Musaev , A. S. Mamaev 

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

Received: 15.07.2021, revised: 18.08.2021, accepted: 26.08.2021

**Abstract: Relevance.** Determination of the geomorphological and geological conditions of the north-western area of Makhachkala, including the Novolaksky district (Novostroy), in connection with the processes of salinization, alkalization and flooding of agricultural lands. Currently, the city is intensively expanding in all directions. Particularly interesting is the study area of the northwestern territory of Makhachkala due to flooding. It belongs to the Caspian lowland with negative relief marks. Lack of research on these problems can lead to undesirable material and environmental consequences. Due to flooding, the bearing capacity of the soil also changes. The seismoacoustic properties of soils change, i. e. the velocities of propagation of longitudinal ( $V_p$ ) and transverse ( $V_s$ ) waves, as well as the corresponding coefficients and decrements of their absorption. **Aim.** Determine the boundaries of poorly drained and very poorly drained zones, which reveal barrage areas of the territory, and hydrogeological areas, depending on the water permeability of the composite upper and lower soil strata. **Methods.** Collecting a database of geotechnical surveys on the chemical composition of groundwater and lithology of cover layers of soils. Collecting hydrogeological parameters of different types of soils and granulometric composition of sands in order to interpret their filtration properties. Determination of the slope of the terrain in order to identify the drainage zones of the territory. **Results.** Presented are tables of the chemical composition of groundwater for 19 objects and hydrogeological conditions of the area according to engineering and geological surveys for 39 objects, including the depth of groundwater, the type of soil in terms of seismicity, the depth of bedrock, three taxa of hydrogeological regions, slopes of the relief. For the selected hydrogeological regions: 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. It is indicated that it is necessary to seismic microzoning not only of the investigated area, but of the entire city of Makhachkala with the prospect of further development.

**Keywords:** flooding, drainage, barrage areas, hydrogeological zoning, aquifers, seismicity.

**For citation:** 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. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2021. 11 (3): 45 – 54. DOI: 10.46698/VNC.2021.18.33.004.

### Введение

В связи с подтоплением г. Махачкалы ранее были рассмотрены центральная и юго-восточная части города [Кондаков, Кондакова, 2019; Кондаков и др., 2020]. В настоящей статье продолжается анализ северо-западной площади г. Махачкалы. Условиями развития подтопления (СП 11-105-97, 1997; Отчет о СМР г. Махачкалы, 1988) 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, осложненному Нарат-

Тюбинской зоной разрывов [Хаин, Ломизе, 1995; Мамаев и др., 2020]. Направление простирания оси прогиба близко к широтному с погружением оси от сел. Степное до сел. Бабаюрт.

Относительно более пластичные третичные отложения надвинуты в этой зоне на коренные отложения. От линии Буйнакский перевал – пост ГИБДД в северном направлении коренные отложения резко понижаются на север до углов падения 20-45 градусов. Это хорошо видно на местности «Черные камни», где кончается южная граница территории нефтебазы. Нарат-Тюбинский хребет сверху сложен чокракскими отложениями. На территории города в чокракских песчаниках в 1942-1944 гг. было открыто месторождение нефти [Брод, 1938; Милановский, Хаин, 1963; Островский и др., 1994; Imaeva et al., 2017; Vornuyakov et al., 2017]. Далее на север развиты мощные толщи четвертичных (до 1500 м) и подстилающих коренных сарматских, конк-караганских, чокракских песчано-глинистых отложений.

Инженерно-геологические условия г. Махачкалы приводились ранее в [Ревелис, Кучеренко, 1969; Отчет о СМР..., 1988]. Низменная часть г. Махачкалы представлена двумя террасами: Махачкалинской (– 2 м) и низкой – Дагестанской (– 16 м). Общая мощность отложений достигает 5-7 м на Дагестанской террасе и 10-12 м – на Махачкалинской террасе.

Северо-западнее ж/д станции Махачкала-1 когда-то выделялись дюнные образования, перекрывавшие на значительной площади верхнехвалынские и новокаспийские террасы. В настоящее время территория застроена. Новокаспийская терраса протягивается вдоль моря узкой полосой, от 500 м до нескольких километров. В дельтах рек, в том числе реки Сулак, ширина террасы достигает нескольких километров. Грунтовые воды на новокаспийской террасе формируются за счет инфильтрации атмосферных осадков; воды пресные и солоноватые.

Ручей Тернаир берет начало на северо-восточных склонах Нарат-Тюбинского хребта, пересекает проспект Акушинского (пр. Акушинского, р. Тернаир, жилой квартал) и на низменность поступает по глубоко врезанной, балке, расположенной, западнее г. Тарки-Тау. Борта балки обрывистые, высота их колеблется от 1 до 8 метров. При подходе к Дагестанской террасе ручей резко поворачивает на восток и впадает в Каспийское море в районе ж/д станции Махачкала-1. Ранее на низменности он не имел ясно выраженного русла. Сейчас русло зарегулировано ввиду застройки территории. Наибольшее количество воды ручей несет в период таяния снегов и обильно выпадающих осадков. В низменной части, на площади дагестанской террасы ручей часто затапливает смежные площади, к примеру, на улице Кундухова – жилые дома и пристройки.

Ручей нуждается в искусственном регулировании русла, своевременной очистке от грязи и мусора. Северо-западная площадь города не связана с областью питания от горы Тарки-Тау. Здесь речка Тернаир-Балка отсекает область питания со стороны плато Тарки-Тау.

## Методы исследований

В процессе работы были собраны данные инженерно-геологических изысканий по химическому составу грунтовых вод и литологии покровных толщ грунтов. Также были собраны данные гидрогеологических параметров разных типов грунтов и гранулометрического состава песков с целью определения по интерпретации их фильтрационных свойств. Были определены уклоны рельефа местности с целью выявления зон дренированности территории.

**Гидрогеологическое районирование территории г. Махачкалы.** При районировании территории были использованы принципы таксономических единиц, предложенные ранее в работах [Кац и др., 1981; Корулов, 2013; Корулов et al., 2015].

Коэффициенты фильтрации были взяты по аналогии с гранулометрическим составом [Кондаков и др., 2020; Монюшко, 1974, 1985]. В результате гидрогеологического районирования были выделены зоны дренированности (рис. 1) и гидрогеологические районы. Зоны дренированности (З-Д) были выделены по уклону рельефа: более или равно 0,01 – З-Д, 0,01-0,005 – З-СД, <0,005 – З-ВСД.

### Результаты работ и их обсуждения

Пологие площади бывшего леса Эльтав, пос. Семендер, Научного городка, бывшего летного поля являются областью питания грунтовых вод. Это подтверждается пресным составом подземных вод. Перечисленные площади характеризуются как зоны дренированные (уклон рельефа >0,01) и слабо дренированные (З-Д, З-СД).

Транзитная область движения грунтовых вод характеризуется зонами 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) с уклоном рельефа <0,005.

Площади разгрузки грунтовых вод в естественных условиях выражены солончаками и солонцами с характерным белесым видом. Ввиду выпаривания грунтовых вод их минерализация достигает 53 г/литр (Новокули, Новострой).

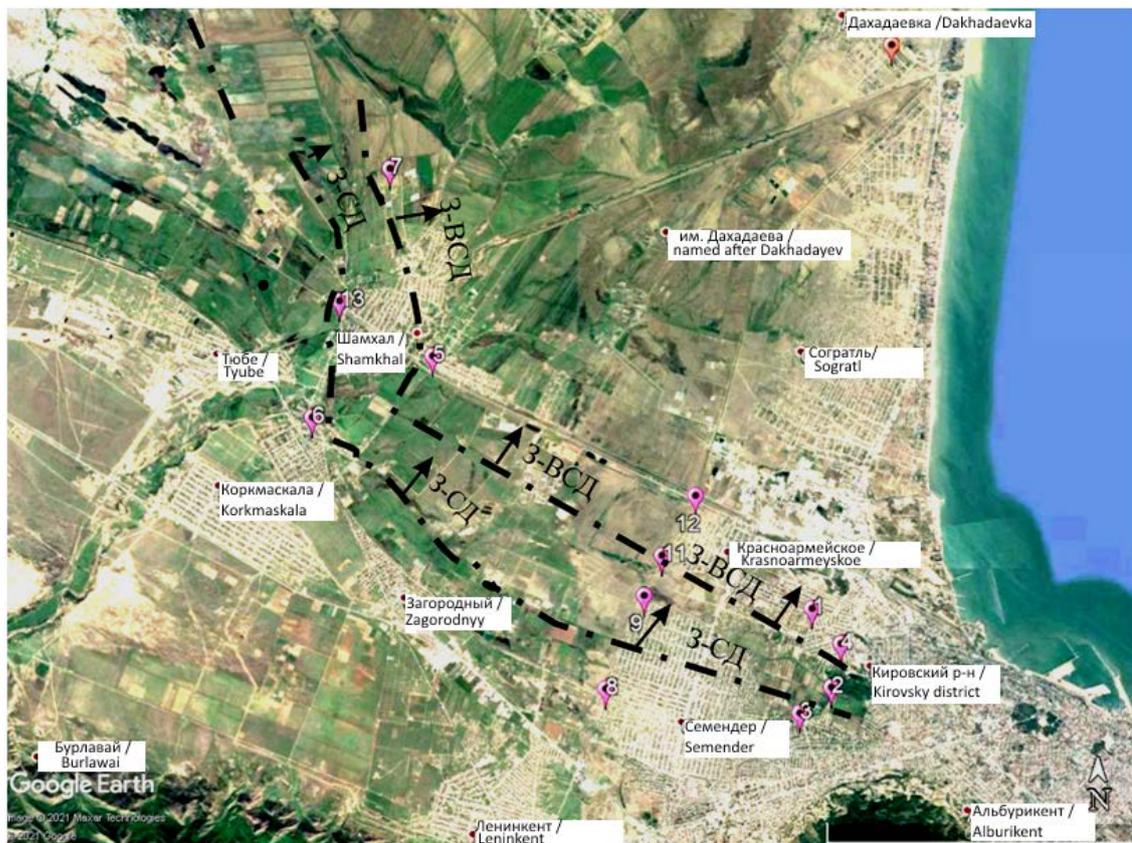


Рис. 1. Зоны дренированности Северо-западной площади г. Махачкалы.

Условные обозначения:

З-Д – > 0,01 – зона дренированная. З-СД – 0,01-0,005 – зона слабодренированная. З-ВСД – < 0,005 – зона весьма слабодренированная. 📍 – точки определения высот местности /

Fig. 1. Drainage zones of the North-West area of Makhachkala.

Legend:

З-Д – > 0.01 – drainage zone (Z-D). З-СД – 0.01-0.005 – poorly drained zone (Z-SD). З-ВСД – <0.005 – the zone is very poorly drained (W-VSD). 📍 – terra in elevation points

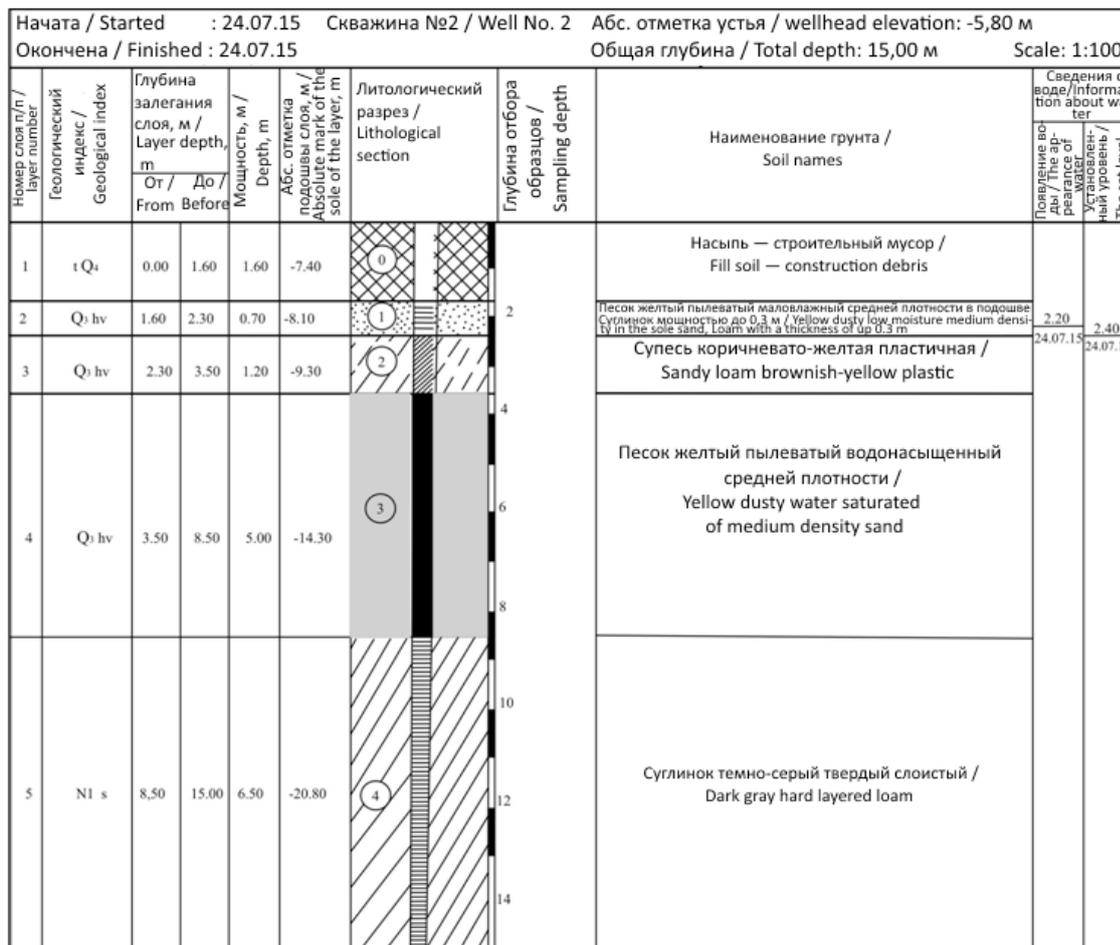


Рис. 2. Инженерно-геологический разрез под строительство многоэтажного дома по ул. Керимова, у администрации Кировского района. Сверху и снизу водопроводимые водоносные толщи (с КВ –10 и 5 м<sup>2</sup>/сут.); гидрогеологический район 1. Зона дренируемая – З-Д. /

Fig. 2. Engineering-geological section for the construction of a multi-storey building on the street. Kerimov, at the administration of the Kirovsky district. Above and below water-conducting aquifers (with CV –10 and 5 m<sup>2</sup>/day); hydrogeological area 1. Drainagezone – Z-D.

Граница между зонами дренирования З-ВСД и З-СД проходит по северной окраине (Новые участки) сел. Шамхал (точка 7), далее по сел. Шамхал (восточная окраина с пересечением железной дороги, т. 5); потом по юго-восточной части сел. Шамхал-Термен (т. 6); затем следует по южной окраине сел Красноармейское (т. 11); далее по северной границе бывшего лётного поля, по северной окраине леса Эльтав (между точками 2 и 4).

Гидрогеологические районы (см. табл. 2) были выделены по соотношению коэффициентов водопроницаемости верхней и нижней покровных толщ, включительно до глубины залегания регионального водоупора.

Гидрогеологический район 2 (ГР-2) представляет собой случай залегания также 2-х водоносных толщ. Сверху залегает слабопроницаемая толща мощностью от 5 до 10 м, ниже залегает хорошо проницаемая толща с КВ от 4 до 60 м<sup>2</sup>/сут. Инженерно-геологические разрезы, характерные для гидрогеологического района 2 это площади многоэтажного дома по улице Кундухова 5, многоэтажных домов по ул. Аэропортовское шоссе (р-он Новый Город).

Гидрогеологический район 3 (ГР-3) представлен слабопроницаемыми одно- или двухслойной толщами, с КВ менее 4 м<sup>2</sup>/сут. Глубина залегания регионально-



Рис. 3. Инженерно-геологический разрез под строительство «Медицинский центр в сел. Новолакское». Сверху и снизу слабо водопродимые водоносные толщи (с КВ 3 и 4 м<sup>2</sup>/сут.); гидрогеологический район 3. Зона весьма слабодренированная – 3-ВСД /

Fig. 3. Engineering-geological section for the construction of "Medical center in the village. Novolakscoe". Above and below, poorly water-conducting aquifers (with CV 3 and 4 m<sup>2</sup>/day); hydrogeological area 3. Very weak hydrated zone – W-ESD.

го водоупора меняется в пределах 5-20 м, более часто до 14 м. Примерами служат следующие объекты: (рис. 3) Медицинский центр в сел. Новолакское; 9-ти этажный жилой дом в сел. Новокули (Новострой), Фавзун-Городок (пос. Семендер). Перечисленные площади ГР-3 (объекты) в сочетании с весьма слабой зоной дренированности (3-ВСД) являются бражными участками, препятствующими потокам грунтовых вод, их оттоку.

**Влияние обводненности грунтов на их сейсмические свойства.** В связи с подтоплением изменяется и несущая способность грунтов. Особенно такое явление наблюдается в городах и населенных пунктах, где имеет место затопление подземных коммуникаций и технических подвалов [Cooper et al., 1965; Заалишвили, 2009; Shi et al., 2015; Zhang et al., 2018]. Конечно же, следует учитывать и атмосферные осадки, и резкое уменьшение испарения влаги из-за асфальтовых покрытий. Сейсмические свойства грунтов, где распространены просадочные грунты в основаниях зданий, могут изменяться в процессе строительства и эксплуатации под воздействием техногенных явлений. Еще одна важная особенность состоит в том, что водопродимые толщи грунтов и участки разгрузки грунтовых вод представляют опасность образования просадки под фундаментами.

По материалам инженерно-геологических изысканий и полученным геофизическим данным можно определить приращение сейсмической интенсивности ис-

следуемого участка к среднему (исходному) баллу. Расчет приращения производится в соответствии с эмпирической формулой С. В. Медведева [Медведев, 1962]:

$$\Delta J = 1,671g \frac{\bar{V}_0 \bar{\rho}_0}{\bar{V}_i \cdot \bar{\rho}_i} + e^{-0,04Z_h^2} + \Delta J_{рез},$$

где  $\bar{V}_0 \bar{\rho}_0$  и  $\bar{V}_i \bar{\rho}_i$  – сейсмические жесткости, соответственно средних и исследуемых грунтов,  $Z_h$  – глубина уровня грунтовых вод (УГВ),  $\Delta J_{рез}$  – приращение за счет резонанса грунтов.

Уровень стояния грунтовых вод (УГВ) связан с сейсмическими свойствами грунтов. Известно, что влияние грунтовых вод при их уровне ниже 10 м не существенно. Сейсмическое событие сопровождается спектральным составом, формирующимся в процессе прохождения сейсмической волны по разным грунтовым толщам. Основную форму колебаний представим в соответствии с эмпирической формулой [Kanai, 1952]:

$$T=4H/v_s,$$

где  $T$  – период колебаний;  $H$  – мощность толщи;  $v_s$  – скорость распространения поперечной волны.

Анализ инженерно-геологических условий территории города (Сейсмическое микрорайонирование..., 1988), а также значений скоростей распространения сейсмических волн в грунтах показывает, что ни один тип грунта или инженерно-геологический участок не отвечает в полной мере понятиям среднего или эталонного грунта. Наилучшими грунтами с сейсмической точки зрения на территории г. Махачкалы являются трещиноватые известняки среди толщи сарматских глин, расположенные в пределах Анжарской гряды. Скорости распространения сейсмических волн в 10 метровой толще на участках выходов этих известняков, исключая верхние 2 м, составляют:  $V_p = 1860$  м/с,  $V_s = 680$  м/с (плотность  $\rho = 2,1$  г/см<sup>3</sup>).

Эти значения несколько ниже приводимых в п. 5.3. РСН 66-87, но если приведенные параметры сопоставить с минимальными значениями параметров «средних» грунтов (п. 5.1 РСН 66-87), то окажется, что разница по продольным волнам составляет – 1,0 балла, а по поперечным волнам – 0,88 балла. Средняя разница между предложенными параметрами грунтов и минимальными параметрами «средних» грунтов по п. 5.1. РСН 66-87 составляет – 1 балл. Исходная сейсмическая интенсивность на выходах этих грунтов должна быть уменьшена на 1 балл по сравнению с фоновой интенсивностью, равной 8 баллам для средних грунтов.

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 сеймотектоническому исследованию и по сейсмическому микрорайонированию территории г. Махачкалы. Подобный опыт работ имеется в Институте геологии ДФИЦ РАН [Мамаев и др., 2018 и др.].

## Выводы

1. Северо-западная площадь г. Махачкалы естественно-природноподтопленная. Верхняя махачкалинская терраса менее подтоплена.
2. Процесс подтопления, с учетом застройки города, будет усиливаться.
3. Для уменьшения процесса подтопления необходимо сократить строительство многоэтажных жилых домов на площадях зон весьма слабодренированных.

4. Весьма слабодренированные территории в сочетании с аридным климатом и верхней слабопроницаемой покровной толщей выражены солончаками и солонцами.

5. Для выделенных ГР-1 рекомендуется горизонтальный тип дренажа, для ГР-2 – вертикальный или комбинированный типы дренажа, для ГР-3 – подземный дренаж не эффективен.

6. Город интенсивно расширяется вследствие строительства многоэтажных и малоэтажных домов. Анализ проведенных исследований показывает необходимость проведения сейсмического микрорайонирования города Махачкалы в современных границах и на перспективу.

### 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. Кац Д. М., Шестаков В. М. Мелиоративная гидрогеология. – М.: Недра, 1981. – 296 с.
4. Кондаков В. М., Кондакова Н. В. Интерпретация фильтрационных свойств водоносных песков. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2019. – № 2 (77). – С. 50-54.
5. Кондаков В. М., Мамаев С. А., Мусаев М. А. Геоморфологические и гидрогеологические условия северо-западной площади г. Махачкалы в связи с подтоплением. // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2020. – № 4 (83). – С. 28-40. DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-28-40
6. Мамаев С. А., Ибаев Ж. Г., Гусейнова А. Ш., Курбанисмаилова А. С., Мамаев А. С. Геоинформационные базы данных гидрогеологических параметров артезианских скважин Терско-Кумского артезианского бассейна. // Геология и геофизика Юга России. – 2018. – № 3. – С. 51-63. DOI 10.23671/VNC.2018.3.16545
7. 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. Цушар (Дагестан). // Геология и геофизика Юга России. – 2020. – Т. 10. № 4. – С. 150-163. DOI: 10.46698/VNC.2020.88.37.009
8. Медведев С. В. Инженерная сейсмология. – М.: Госстройиздат, 1962. – 260 с.
9. Милановский Е. Е., Хаин В. Е. Геологическое строение Кавказа. – М.: Изд-во МГУ, 1963. – 240 с.
10. Монюшко А. М. Инженерно-геологическая оценка сарматских глин. – М.: Наука, 1974. – 35 с.
11. Монюшко А. М. Роль техногенеза в формировании инженерно-геологических свойств глин. – М.: Недра, 1985. – 143 с.
12. 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.
13. Ревелис И. Л., Кучеренко И. В. Инженерно-геологический очерк территории города Махачкалы. – Махачкала: Дагестанское книжное издательство, 1969. – 88 с.
14. Хаин В. Е., Ломизе М. Г. Геотектоника с основами геодинамики. Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 480 с.
15. Borneyakov S. A., Ma J., Miroshnichenko A. I., Guo Y., Salko D. V., Zuev F. L. Diagnostics of meta-unstable state of seismically active fault. // *Geodynamics & Tectonophysics*. – 2017. – Vol. 8 (4). – pp. 989-998.
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. Imaeva L.P., Gusev G.S., Imaev V.S., Ashurkov S.V., Melnikova V.I., Seredkina A.I. Geodynamic activity of modern structures and tectonic stress fields in northeast Asia. // *Geodynamics & Tectonophysics*. – 2017. – Vol. 8 (4). – pp. 737-768.

18. Kanai K. Relation between the nature of surface layer and the amplitudes of earthquake motions. // *Bull. Earth. Res. Inst.* – 1952. – Vol. 30. – pp. 31-37.

19. Kopylov I. S. Geodynamic and technogenic processes in the areas of oil and gas production and their ecological consequences. // International Scientific Conference «Control of production and natural resources», Australia (Sydney), March 26 – April 6, 2013. *European Journal of Natural History*. – 2013. – No. 3. – p. 59. URL: [www.world-science.ru/euro/495-33138](http://www.world-science.ru/euro/495-33138).

20. Kopylov I. S., Kovin O. N., Konoplev A. V. Forecasting of geodynamic hazards at potash mines using remote sensing data: a case study of the Tubegatan deposit, Uzbekistan. // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. – 2015. – No. 1-3. – pp. 305-311.

21. Shi Zh., Wang G., Manga M., Wang C.-Y. Mechanism of coseismic water level change following four great earthquakes – insights from co-seismic responses throughout the Chinesemainland. // *Earth and Planetary Science Letters*. – 2015. – Vol. 430. – pp. 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.08.012>

22. 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.

## References

1. Brod I. O. Tectonics and oil-bearing capacity of the Eastern Ciscaucasia. *Soviet Geology*, 1938. Vol. VIII. No. 7. pp. 3-23. (In Russ.)

2. Zaalishvili V.B. Seismic microzonation of urban territories, settlements and large construction sites. Moscow. Nauka, 2009. 350 p. (In Russ.)

3. Kats D. M., Shestakov V. M. Meliorative hydrogeology. Moscow. Nedra, 1981. 296 p. (In Russ.)

4. Kondakov V.M., Kondakova N. V. Interpretation of the filtration properties of aquifers. In: Proceedings of the Institute of Geology of DSC RAS, 2019. No. 2 (77). pp. 50-54. (In Russ.)

5. Kondakov V.M., Mamaev S.A., Musaev M.A. Geomorphological and hydrogeological conditions of the north-western area of Makhachkala due to flooding. In: Proceedings of the Institute of Geology of DSC RAS, 2020. No. 4 (83). pp. 28-40. DOI: 10.33580/2541-9684-2020-83-4-28-40. (In Russ.)

6. Mamaev S.A., Ibaev Zh.G., Guseinova A.Sh., Kurbanismailova A.S., Mamaev A. S. Geoinformational databases of the data of hydrogeological parameters of artesian wells of the Terry-Kum artesian basin. *Geology and Geophysics of Russian South*, 2018. No. 3. pp. 51-63. DOI 10.23671/VNC.2018.3.16545 (In Russ.)

7. 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.)

8. Medvedev S.V. Engineering seismology. Moscow. Gosstroyizdat, 1962. 260 p. (In Russ.)

9. Milanovskii E. E., Khain V.E. Geological structure of the Caucasus. Moscow. MSU, 1963. 240 p. (In Russ.)

10. Monyushko A.M. Engineering-geological assessment of the Sarmatian clays. Moscow. Nauka, 1974. 35 p. (In Russ.)

11. Monyushko A.M. The role of technogenesis in the formation of engineering-geological properties of clay. Moscow. Nedra, 1985. 143 p. (In Russ.)

12. Ostrovskii V.N., Ostrovskii L.A., Shakhnova R.K. Regional hydrogeological classifications and mapping. In: Proceedings Modern problems of hydrogeology, engineering geology and ecogeology. Moscow. VSEGINGEO, 1994. pp. 5-12. (In Russ.)

13. Revelis I.L., Kucherenko I.V. Engineering-geological review of the territory of the city of Makhachkala. Makhachkala. Dagestan Book Publisher, 1969. 88 p. (In Russ.)
14. Khain V.E., Lomize M.G. Geotectonics with the basics of geodynamics. Textbook. Moscow. MSU, 1995. 480 p. (In Russ.)
15. Bornyakov S.A., Ma J., Miroshnichenko A.I., Guo Y., Salko D.V., Zuev F.L. Diagnostics of meta-instable state of seismically active fault. *Geodynamics & Tectonophysics*, 2017. Vol. 8 (4). pp. 989-998.
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. Imaeva L.P., Gusev G.S., Imaev V.S., Ashurkov S.V., Melnikova V.I., Seredkina A.I. Geodynamic activity of modern structures and tectonic stress fields in northeast Asia. *Geodynamics & Tectonophysics*, 2017. Vol. 8 (4). pp. 737-768.
18. Kanai K. Relation between the nature of surface layer and the amplitudes of earthquake motions. *Bull. Earth. Res. Inst.*, 1952. Vol. 30. pp. 31-37.
19. Kopylov I.S. Geodynamic and technogenic processes in the areas of oil and gas production and their ecological consequences. In: International Scientific Conference "Control of production and natural resources", Australia (Sydney), March 26 – April 6, 2013. *European Journal of Natural History*, 2013. No. 3. p. 59. URL: [www.world-science.ru/euro/495-33138](http://www.world-science.ru/euro/495-33138).
20. Kopylov I.S., Kovin O.N., Konoplev A.V. Forecasting of geodynamic hazards at potash mines using remote sensing data: a case study of the Tubegatan deposit, Uzbekistan. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, 2015. No. 1-3. pp. 305-311.
21. Shi Zh., Wang G., Manga M., Wang C.-Y. Mechanism of coseismic water level change following four great earthquakes – insights from co-seismic responses throughout the Chinese mainland. *Earth and Planetary Science Letters*, 2015. Vol. 430. pp. 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.08.012>
22. 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.