

Секция I  
АРХИТЕКТУРА И ДИЗАЙН  
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

УДК 624.131 (575)

К ВОПРОСУ ЗАЩИТЫ ГОРОДОВ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ ОТ СОЛЯНЫХ ВЕТРОВ  
И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗЕЛЕННОГО РАЗВИТИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА НУКУСА)

*И.К. Аимбетов, Р.Т. Бекимбетов, Е.Т. Изимбетов, Б.К. Искендеров, Р.Р. Доспанов*

Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук  
Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан,  
Нукус, Республика Каракалпакстан, Узбекистан  
e-mail: izzet\_chf@mail.ru, r.bekimbetov@mail.ru, baxti19890122@list.ru,  
raxim.dospanov@gmail.com

*Рассматривается проблема улучшения экологической обстановки городов Южного Приаралья и защиты от соленой пыли, которые выносятся ветром из осушённого дна Аральского моря и солончаков на примере города Нукуса и его окрестности. Приводится рекомендация, направленные на решение проблем, связанных с засолением почвенной среды.*

*Ключевые слова:* Южное Приаралье, соленая пыль Аральского моря, Нукус, карты засоления грунтовых вод.

ON THE ISSUE OF PROTECTING THE CITIES OF THE SOUTHERN ARAL SEA REGION  
FROM SALT WINDS AND ON THEIR GREEN DEVELOPMENT  
(BASED ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF NUKUS)

*I. Aimbetov, R. Bekimbetov, E. Izimbetov, B. Iskenderov, R. Dospanov*

Karakalpak Research Institute of Natural Sciences Karakalpak,  
Karakalpak Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,  
Nukus, Republic of Karakalpakstan, Uzbekistan  
e-mail: izzet\_chf@mail.ru, r.bekimbetov@mail.ru, baxti19890122@list.ru,  
raxim.dospanov@gmail.com

*The problem of improving the ecological situation of the cities of the Southern Aral Sea and protection from salt dust, which are carried out by the wind from the drained bottom of the Aral Sea and salt marshes, is considered. Recommendations aimed at solving problems related to salinization of the soil environment are given on the example of the city of Nukus and its surroundings.*

*Keywords:* Southern Aral Sea, salty dust of the Aral Sea, Nukus, maps of groundwater salinity.

**Введение.** За последние десятилетия произошел стремительный рост числа больших и малых городов. Это коснулось всех без исключения стран мира, возникшие в связи с этим очень серьезные экологические проблемы, могут быть решены лишь общими усилиями спе-

циалистов разных отраслей. Развитие городов и возникновение новых населенных пунктов нередко происходит настолько бурно, что проектировщики и строители подчас не уделяют должного внимания окружающей среде и, в частности геологическим условиям [10]. В результате не всегда удается достигнуть гармоничного развития.

Так, например, в аридных регионах мира нерациональное использование водных ресурсов становится причиной засоления почв, что наносит ощутимый ущерб экономике стран и привлекает особое внимание мирового научного сообщества различных областей, в том числе в области инженерной геоэкологии, поскольку засоление почв и грунтовых вод оказывает негативное воздействие на экологическую обстановку городов, построенных в аридных зонах [11].

Территория Южного Приаралья относится к аридной зоне. Как и в других странах, в последние десятилетия в этой зоне строятся и расширяются города. К их числу относится город Нукус – столица Республики Каракалпакстан [12]. Одной из геоэкологических особенностей города Нукуса является засоленность почво-грунтов и грунтовых вод, что затрудняет решение проблемы по озеленению города. Осложняет экологическую обстановку города вынос соляной пыли из осушенного дна Аральского моря. Исследования показывают, что из-за усыхания Аральского моря образовалась пустыня «Аралкум» площадью около 5 млн. гектаров. С осушенного дна Аральского моря ветром выносятся миллионы тонн соляной пыли, которые достигают до города Нукус, который находится на расстоянии около 200 км от пустыни «Аралкум» (рисунок 1).

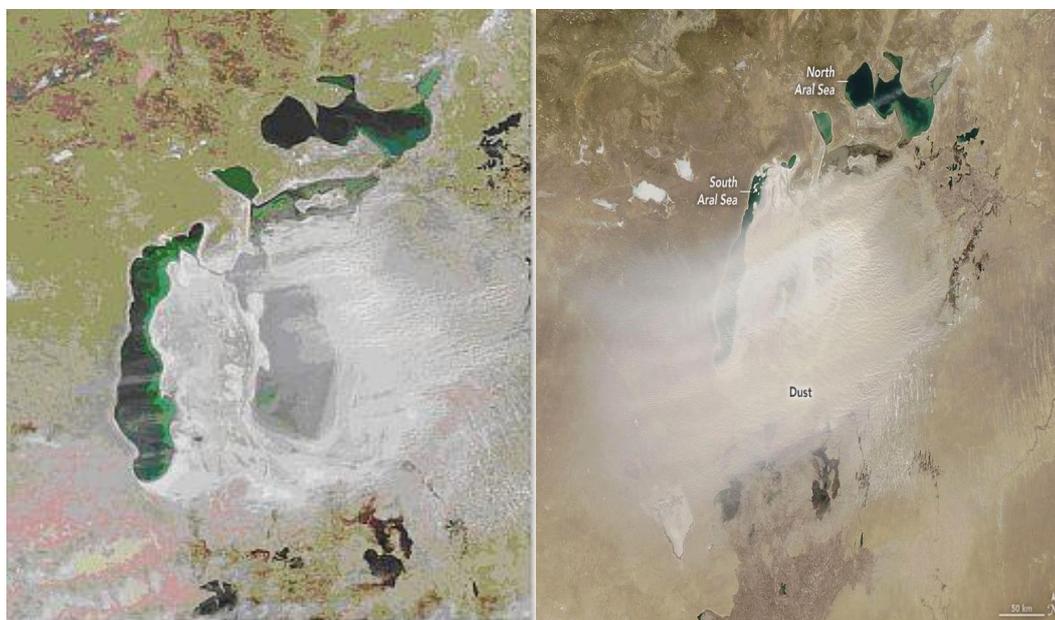


Рисунок 1. – Ветровой вынос солей 10 апреля 2008 г. и 28 мая 2018 г. (синтезированное изображение со спутника NASA (<https://earthobservatory.nasa.gov/images/146487>)).

В последние годы соляные бури участились. Так, например, в 29 мая 2018 года в городе Нукусе произошли соляные бури с дождем. В результате с дождевой водой соли выпали на поверхность земли. Солёная вода привело к угнетению и гибели некоторых растений (рисунок 2). В работе [13] приведены результаты исследований состава этой солёной пыли.



**Рисунок 2. – Соляные осадки на листьях растений (г. Нукус, 2018 год, 30 мая)**

Одним из способов защиты территории городов от пыли и смягчения сухого и жаркого климата является посадке деревьев вокруг города и озеленение территории города.

Анализ существующей литературы [3]; [4]; [5]; [6]; [9]; [14]; [15]; [16]; [17]; [18]; [19]; [20]; [21] показывает, что засоленность грунтов городов изучалась в основном применительно к решению задач строительства. Во всех приведенных исследованиях засоленность грунтов изучалась только для оценки влияния солей на физико-механические свойства применительно к решению задач строительства.

Целью исследований является оценить засоленность грунтовых вод города Нукуса и прилегающих территорий для решения задач зеленого развития путем комплексного использования результатов существующих исследований засоленности грунтовых вод, проведенных различными организациями, которые не занимаются решением экологических проблем.

Город Нукус расположен в южной части Каракалпакстана (Узбекистан) на правом берегу реки Амударья, в 800 км к северо-западу от Ташкента (1255 км по дороге).

Южная и восточная части города окружены пустыней Кызылкум. Северная часть города граничит с дельтой Амударьи. Через город проходят магистральный канал Дослык и канал Тасарна. Площадь территории города составляет 222 кв.км, население - 317,3 тыс.чел.

Одной из экологических особенностей г. Нукуса является засоленность грунтовых вод. Исследования показывают, что повышение засоленности грунтовых вод и грунтов оказывает негативное влияние на экологическую обстановку города и снижает приживаемость саженцев, угнетает рост растительности. Так, например, исследования показывают, что из-за повышения засоленности грунтовых вод и почв Каракалпакстана снижается долговечность древесных и кустарниковых растений и нарушается экологическое равновесие. Это наблюдается по всей территории.

Озеленение Нукуса является одной из злободневных задач, решение которой позволит смягчить влияние жаркого климата и снизить выпадение соляной пыли осушенного дна Аральского моря на город Нукус [1]. Для повышения приживаемости саженцев и эффективного проведения мероприятий по озеленению территории города необходимо иметь информацию о характере и закономерностях изменения гидрогеологических условий территории Нукуса. Эта информация позволит эффективно применять методы по снижению уровня минерализации и глубины залегания грунтовых вод, выбрать вид растений для озеленения в зависимости от засоления грунтовых вод.

Цель исследования достигалась путем составления карт-схем засоления подземных вод Нукуса и Нукусского района Республики Каракалпакстан с применением ГИС технологий. Карты необходимы для разработки мероприятий по снижению глубины и уровня минерализации грунтовых вод города Нукуса и эффективного подбора видов деревьев в зависимости от засоления грунтовых вод.

**Материалы и методология исследований.** Для оценки экологической ситуации по засолённости территории города Нукуса были использованы данные существующих отчетов инженерно-геологических изысканий площадок проектируемых зданий, составленных местными инженерно-геологическими изыскательскими организациями. Для оценки закономерностей распространения солей на оцифрованную карту в масштабе 1:50 000 были нанесены географические координаты точек где были определены засоленность подземных вод. Карты составлены с использованием компьютерной программы ArcGIS. При составлении карт были обработаны результаты определений засоленности грунтовых вод 113 выработок. Площадь исследований – 153,6 кв.км.

**Результаты исследования.** На рисунке 3 представлена карта-схема засоления подземных вод водорастворимыми солями города Нукуса. Как показано на рисунке 3, содержание водорастворимых солей изменяется от 254 мг/л до 32500 мг/л. При этом наибольшая засоленность наблюдается между каналами Дослык и Тас арна. Только небольшая площадь правого берега канала Дослык имеет засоленность от 5143,6 мг/л до 12215 мг/л. Наибольшая часть подземных вод города содержит 2677,7-5143,54 мг/л солей. На площади около 20 процентов подземные воды содержат соли 1518-1817 мг/л. Небольшие отдельные участки имеют минимальную засоленность 254-1113 мг/л. Различную засоленность подземных вод можно объяснить различными фильтрационными свойствами, наличием искусственной дренажной системы и природного дренажа.

Климат г. Нукуса резко континентальный. Максимальная температура летом достигает 50 С°. Для создания комфортных условий в жаркое время для жителей города необходимо осуществлять озеленение города. Для выбора вида зеленых насаждений необходима информация о содержании различных видов солей в подземных водах.

На рисунках 4-6 представлены карты-схемы засоления грунтовых вод города Нукуса по содержанию в них хлоридных, сульфатных и гидрокарбонатных солей. Как видно из рисунков 4-6, наибольшая засоленность грунтовых вод по содержанию хлоридных, сульфатных и гидрокарбонатных ионов наблюдается на правом берегу канала Тас арна. Это связано с особенностью литологического состава и засоленностью грунтов, залегающих на глубине. Эта территория находится в зоне ирригации, где отсутствуют коллекторно-дренажные сети. Из-за миграции солей с более глубоко залегающих меловых отложений при капиллярном поднятии подземных вод происходит дополнительное засоление грунтов.

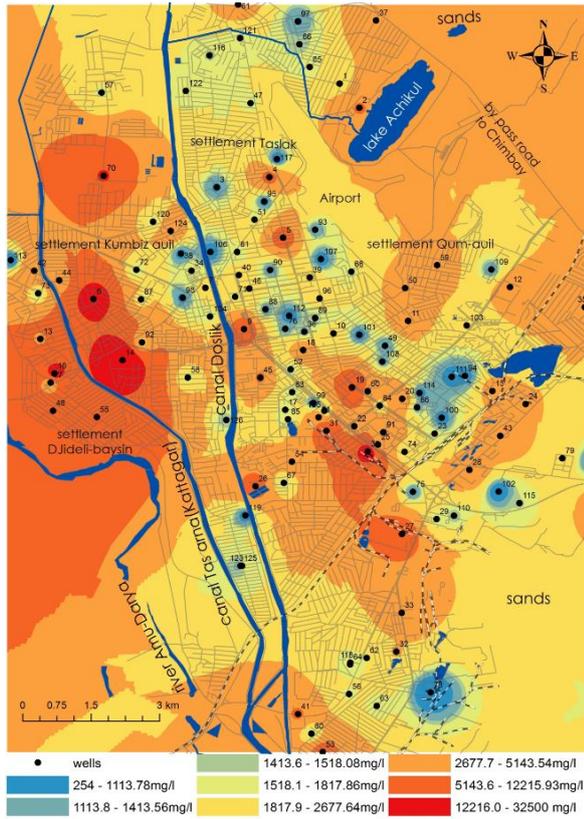


Рисунок 3. – Карта засоления подземных вод города Нукус водорастворимыми солями (по плотному остатку)

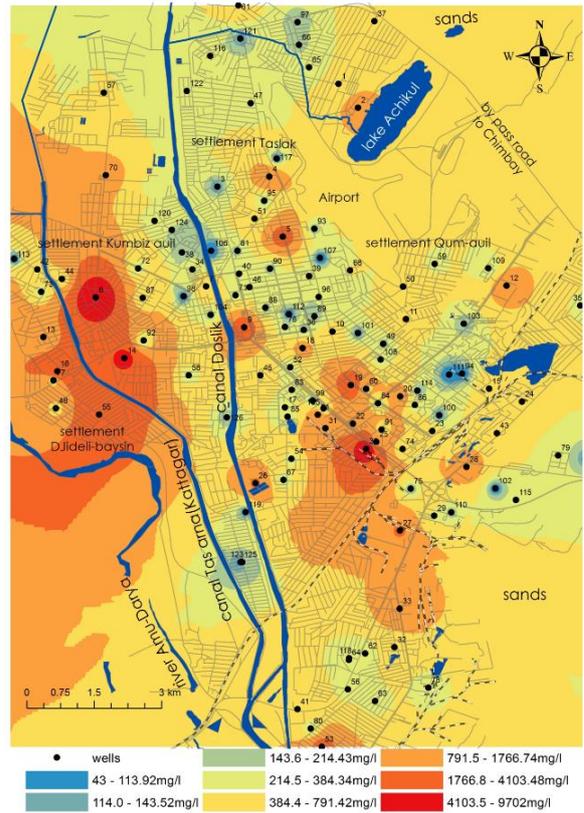


Рисунок 4. – Карта засоления подземных вод города Нукус по содержанию хлоридных солей

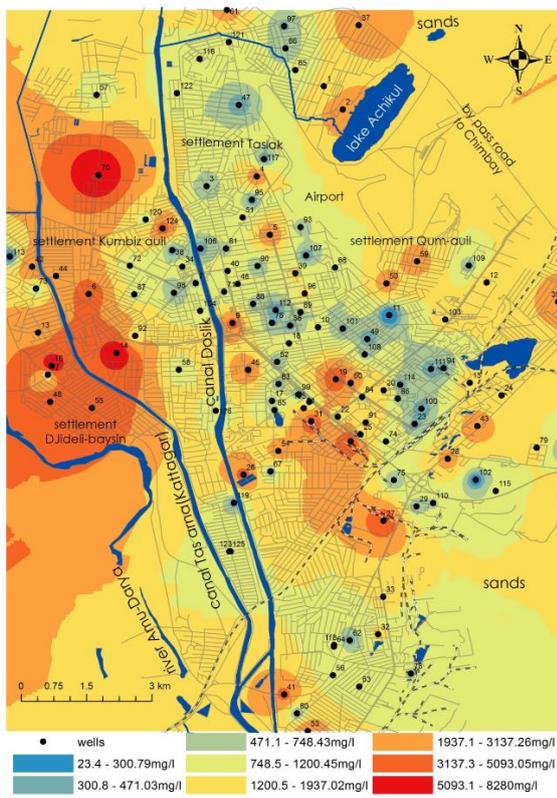


Рисунок 5. – Карта засоления подземных вод города Нукус по содержанию сульфатных солей

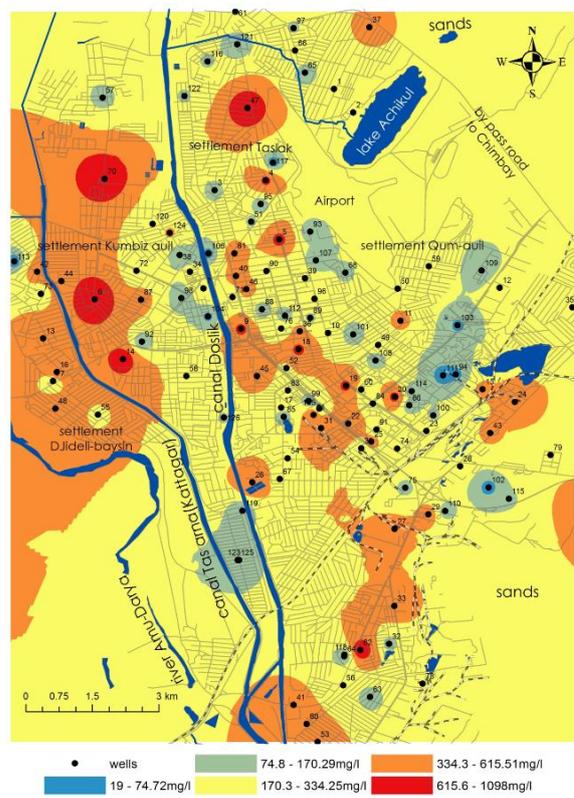


Рисунок 6. – Карта засоления подземных вод города Нукус по содержанию бикарбонатных солей

На эколого-гидрогеологические условия Нукуса оказывают влияние прилегающие к городу районы, поскольку интенсивное орошение этих территорий изменяет уровень подземных вод. Город Нукус граничит с несколькими районами. Наиболее близко к городу расположен Нукусский район. В настоящее время происходит расширение города Нукуса за счет территории Нукусского района.

Одной из экологических особенностей Нукусского района также является засоленность почво-грунтов. Исследования показывают, что повышение засоленности почво-грунтов происходит из-за повышения уровня грунтовых вод. Повышение засоленности почво-грунтов оказывает негативное влияние на экологическую обстановку района и снижает приживаемость саженцев для озеленения поселков, угнетает рост растительности, снижает урожайность сельхоз культур.

По данным режимных наблюдений амплитуда колебания уровня подземных вод по наблюдательным скважинам, расположенным на территории Нукусского района за период с 2000 г. до 2015 г. составила 1,18 м. В наиболее пониженных местах вблизи канала Дослык отдельные участки могут быть подтоплены.

Анализ существующих данных Гидромелиоративной экспедиции Каракалпакстана по изучению уровня грунтовых вод Нукусского района показывает, что наиболее высокий уровень грунтовых вод был зафиксирован в 2003 году на уровне 1,25 м.

Отметим, что в период максимальных атмосферных осадков и при интенсивном орошении территории при отсутствии дренажа расчётный максимум уровня подземных вод с учетом многолетия следует ожидать выше замеренных, т.е. на глубинах 0,2-0,7 м от поверхности земли.

Как было сказано выше с осушенного дна Аральского моря ветер выносит миллионы тонн солей, что ухудшает экологическую ситуацию города Нукуса. Для предотвращения поступления соляной пыли в Нукус необходимо в окрестности города сажать деревья. Город Нукус с северо-западной стороны граничит с Нукусским районом, откуда часто дуют соляные ветры. Для эффективной посадки деревьев в Нукусском районе необходимо исследовать засоленность грунтовых вод этого района, поскольку подбор вида саженцев зависит от засоленности грунтовых вод.

Для оценки характера распространения солей и определения типов солей, которые оказывают негативное влияние на зеленые насаждения, были составлены схематические карты засоления подземных вод Нукусского района. При составлении схематических карт были использованы результаты существующих инженерно-геологических отчетов, которые были использованы при проектировании фундаментов зданий Нукусского района. В этих отчетах, как правило, приводятся данные по определению засоленности грунтов и грунтовых вод. Наряду с этим были использованы результаты исследований, проведенных авторами этой работы.

Результаты исследований показали, что соленость грунтовых вод достигает до 32,5 г/л. Самые соленые грунтовые воды находятся на южной стороне Нукусского района и в городе Нукусе. В центральной части территории количество соли в грунтовой воде составляет 1,1-2,6 г/л. В целом исследования показали, что по сравнению с городом Нукуса грунтовые воды Нукусского района менее засолены.

**Дискуссия.** Анализ результатов исследований засоленности подземных показал, что для оздоровления экологической ситуации города Нукуса и прилегающих территорий не проводятся специальные исследования. В организациях, занимающихся строительством, реконструкцией города Нукуса собраны данные исследований по определению засоленности почво-грунтов, которые можно использовать для решения проблемы озеленения города, поскольку специ-

альные научно-исследовательские работы по разработке нормативов по засолению почво-грунтов и грунтовых вод применительно к озеленению города Нукуса не проводятся. В связи с этим предлагается создать межотраслевую координационную группу, которая будет заниматься сбором и систематизацией результатов исследований состава грунтовых вод. На основе этих работ будет создана база данных по засолённости грунтовых вод и грунтов, которую можно использовать для решения проблемы озеленения города. В данной статье приведен пример использования этих данных для условий города Нукуса и прилегающих территорий. Подобные исследования можно применить для других городов Южного Приаралья, а также для городов аридных зон. Эти исследования должны охватывать территории вокруг городов. Результаты этих исследований можно использовать при создании лесных защитных зон, которые будут задерживать пыльные ветры. Создание защитных лесных зон позволит смягчить климатические условия и защитить города Южного Приаралья от пыльных бурь, поскольку в последние годы с опущенного дна Аральского моря в города ветер приносит много соляной пыли.

**Заключение.** Можно сделать следующие выводы.

1. Результаты исследований показали, что грунтовые воды города Нукуса и прилегающих территорий содержат в основном хлоридные и сульфатные соли, которые оказывают негативное влияние на растительность. Содержание водорастворимых солей изменяется от 254 мг/л до 32500 мг/л. При этом наибольшая засоленность наблюдается между каналами Дослык и Тас арна.

2. Анализ результатов химического анализа грунтовых вод города Нукуса и Нукусского района показал, что в грунтовых водах наибольшую часть составляют хлоридные и сульфатные ионы. Эти ионы оказывают негативное влияние на развитие не солеустойчивых растений. Поэтому при озеленении необходимо учитывать характер засоления грунтовых вод.

3. Для эффективного озеленения города Нукуса и создания лесных зон вокруг города необходимо разработать научные рекомендации по выбору и размещению видов деревьев в зависимости от засоленности подземных вод и почв города Нукуса и прилегающих к городу территорий.

4. Для эффективного и устойчивого выращивания деревьев на территории Нукуса и прилегающих территориях необходимо разработать научные рекомендации по выбору и размещению видов деревьев в зависимости от засоленности почв и грунтовых вод. На основе этих рекомендаций, необходимо разработать нормативы по озеленению городов в зависимости от засоления почво-грунтов и грунтовых вод.

5. Для улучшения экологической ситуации города Нукуса и прилегающих территорий необходимо провести научно-исследовательские работы по проектированию новой инновационной дренажной системы, которая позволит использовать грунтовые воды для озеленения города. Это позволит более эффективно озеленять город и задерживать солёную пыль и улучшит экологическую обстановку города. Для эффективного озеленения и создания лесных зон необходимо проводить мониторинг уровня и содержания грунтовых вод.

Исследования засоленности грунтовых вод и грунтов необходимо провести в других городах Южного Приаралья. По результатам этих исследований необходимо составить карты засоления грунтовых вод и грунтов. Эти исследования необходимо провести вокруг этих городов, которые позволят эффективно создавать вокруг городов лесные зоны для задержки солёной пыли.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аимбетов, И.К. Инженерно-геологические основы строительства зданий и сооружений на засоленных грунтах Каракалпакстана. Нукус: Илим, 2020. – 287 с.
2. Aimbetov I., Bekimbetov R. Engineering and geoecological assessment of soils salinity in Nukus using GIS technologies // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Т. 265. – С. 03006.
3. Izzet A., Rakhim D. Assessment of salinization of soils and groundwater of the Khojaly district (Southern Aral sea region) // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 407. – С. 02013.
4. Angeli M. et al. Salt crystallization in pores: quantification and estimation of damage // Environmental geology. – 2007. – Т. 52. – С. 205-213.
5. Ruiz-Agudo E. et al. The role of saline solution properties on porous limestone salt weathering by magnesium and sodium sulfates // Environmental geology. – 2007. – Т. 52. – С. 269-281.
6. Alonso, E. E., Olivella, S. Modelling tunnel performance in expansive gypsum claystone // The 12th international conference of international association for computer methods and advances in geomechanics. – 2008. – Т. 2.
7. Dukhovny V.A., Stulina G.V., Kengabaev Sh. M. Monitoring the seabed of the Aral Sea. Tashkent, 2020. – 241 p.
8. Zhengmeng H., Wen W. Improvement of design of storage cavity in rock salt by using the Hou/Lux constitutive model with consideration of creep rupture criterion and damage // Chinese Journal of Geotechnical Engineering. – 2003. – Т. 25. – №. 1. – С. 105-108.
9. Liang W. et al. Experimental investigation of mechanical properties of bedded salt rock // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2007. – Т. 44. – №. 3. – С. 400-411.
10. Legget R. 1973. Cites and geology. 557. New York. McGraw-Hill Book Company. P. 10-20.
11. Рафиков А.А., Тетюхин И.В. Снижение уровня Аральского моря и изменение природных условий низовьев Амударьи. Ташкент: Фан, 1981. 220 с.
12. Сеитниязов Ш. Об инженерно-геологических свойствах аллювиальных отложений территории г. Нукуса // Вестник Каракалпакского филиала АН УЗССР. Нукус, 1973. Н 2. С. 11-16.
13. Туремуратов Ш.Н., Науризбаева З.Ш., Исмаилов Б.М., Туремуратова А. Физико-химические свойства аэрозолей солевых бур в регионах Приаралья. Вестник Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан/ Н 1, С. 36-42.
14. Benavente D., Cueto N., Martínez-Martínez J., Del Cura M.G., Cañaveras J. 2007. The influence of petrophysical properties on the salt weathering of porous building rocks. Journal Environmental geology. 52. 215-224.
15. Berest P., Brouard B. 2003. Safety of salt caverns used for underground storage blow out; mechanical instability; seepage; cavern abandonment. Oil Gas Science Technology. 58(3). 361-384.
16. Burns S.E., Mayne P.W. 2003. Analytical cavity expansion-critical state model for piezocone dissipation in fine-grained soils. Soils and Foundations. 42(2). 131-137.
17. Cosenza P.H., Ghoreychi M., Bazargan-Sabet B., de Marsily G. 1999. In situ rock salt permeability measurement for long term safety assessment of storage. International Journal Rock Mechanics and mineral Sciences. №36(4). 509-526.
18. Li M.H., Kang S.C., Zheng M.P., Bu L.Z. Saline sedimentary rhythm of Qiuli'nanmu Lake in Tibet. 2007. Geology Journal China University. 13(1).35-42.
19. Liu J.F., Pei J.L., Ma K., Zhou H., Hou Z. 2010. Damage evolution and fractal property of salt rock in tensile failure. Proceedings of the international symposium on underground storage of CO2 and energy. Beijing. CRC Press. 105-112.
20. Netterberg F., Loudon P. 1980. Proceedings of the 7th regional conference for Africa on soil mechanics and foundation engineering. Accra. CRC Press.7.
21. Wu W., Yang C.H., Hou Z. 2005. Investigation on studied situations associated with mechanical aspects and development for underground storage of petroleum and natural gas in rock salt. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering. 2005. 24(S2). 5561-5568.