

8. Fridriksson T., Kristjánsson B. R., Ármannsson H., Margrétardóttir E., Ólafsdóttir S., Chiodini G. CO<sub>2</sub> emissions and heat flow through soil, fumaroles, and steam heated mud pools at the Reykjane geothermal area, SW Iceland. *Geochemistry*, 2006; vol. 21, pp. 1551–1569.

9. Veselko A. Yu. Problemy zashchity okruzhayushchey sredy pri razrabotke geotermalnykh mestorozhdeniy [Problems of environmental protection in the development of geothermal deposits]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten «Kamchatka – 2»* [Mining Information and Analytical Bulletin "Kamchatka – 2"], 2015, special issue no. 63, pp. 275–280.

10. Pashkevich R. I. On environmental aspects of geothermal development. *Geothermal Resources Council*, September 29 – October 2 1996, vol. 20, pp. 241–243.

11. Arnorsson S. *Geological Society*, special Publications, 2004, pp. 297–336.

12. Popov G. V. Tekhnologicheskaya skhema izvlecheniya bora i litiya iz geotermalnykh teplonositeley [Technological scheme for the extraction of boron and lithium from geothermal fluids]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten «Kamchatka – 6»* [Mining Information and Analytical Bulletin "Kamchatka – 6"], 2017, no. 12, special issue 35, pp. 359–367.

### ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

**Курмангалиева Аида Робертовна**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: kraid@yandex.ru

Астраханская область была выбрана как наиболее благоприятная для реализации пилотного проекта строительства сети солнечных электростанций, ввиду высокой солнечной активности и инсоляции. Под размещение одной электростанции мощностью 15 МВт выделяется участок площадью в среднем 30 га, 4–5 га которого остается неиспользованным на перспективу. Объекты альтернативной энергетики несут максимальную нагрузку на окружающую среду в период строительства, что требует обязательного проведения экологического мониторинга. По результатам научно-исследовательской и практической работы автора анализируются виды воздействия на окружающую среду, проблемы, возникшие при строительстве солнечных электростанций в Наримановском районе Астраханской области, обосновываются мероприятия, обеспечивающие эффективную и безопасную эксплуатацию объектов.

**Ключевые слова:** фотоэлектрический модуль, сумматор, инверторная станция, литостраты, урбаноземы, гидроизогипсы, гидроизоляция

### ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL LIMITATIONS SOLAR POWER STATION

**Kurmangaliyeva Aida R.**, C.Sc. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: kraid@yandex.ru

Astrakhan region was chosen as favorable for the implementation of a pilot project for the construction of a network of solar power station: the cause is high solar activity and insolation. One power plant with a capacity of 15 MW is planned to be located on an area of an average of 30 hectares, 4–5 hectares of which will remain unused for the future. Objects of alternative energy bear the maximum load on the environment during the construction period, therefore environmental monitoring is required. According to the results of research and practical work the author analyzes the impacts on the environment, the problems encountered in the construction of solar power plants in the Narimanov district of the Astrakhan region, justified measures to ensure the effective and safe operation of the facilities.

**Keywords:** photovoltaic module, adder, inverter station, lithostrates, urbanozem, hydroisogypsum, waterproofing

Функциональным назначением солнечной электростанции (СЭС) является производство электрической энергии преобразованием энергии солнечного излучения подстанции с последующей поставкой на оптовый рынок электроэнергии и мощности (ОРЭМ) Астраханской области. Пилотный проект реализуют на территории ООО «Эко Энерджи Рус».

Решение принималось в соответствии со схемой и программой развития ЕЭС России на 2018–2024 гг., схемой и программой развития электроэнергетики Астраханской области на 2019–2023 гг.

СЭС преобразовывает энергию видимого спектра солнечного излучения в электрический ток постоянного напряжения при помощи кремниевых фотоэлектрических модулей (ФЭМ), устанавливаемых на специальных опорных конструкциях – базовых столах. Базовые столы размещаются на участке рядами на расстоянии, обоснованным расчетом, от 7,6 до 12,0 м. Фундаменты базовых столов приняты либо свайными, либо на металлических стойках. Угол наклона моду-

лей ( $25\text{--}30^\circ$ ) принимается также на основании моделирования в программном обеспечении PVsyst 6, исходя из максимальной годовой выработки электроэнергии.

Цепочки из 20–22 ФЭМ собираются в группы по несколько базовых столов на одно коммутирующее устройство – сумматор, представляющий коммутационный шкаф на 24 линейных входа. Общее количество сумматоров на станции от 110 до 206.

Постоянный ток преобразуется в 3-фазный переменный в инверторных станциях мощностью по 2500 кВА и 1250 кВА. К каждому инвертору подключается группа из десятка сумматоров. Получаемое от инверторов рабочее напряжение 400В повышается до 10 кВ на трансформаторе 04 / 04-10кВ мощностью 2500 кВА. Два инвертора и трансформатор объединены в инверторную станцию в модульном контейнере. В набор обязательного оборудования инверторной станции входят сумматоры, коммутационная коробка, система мониторинга и удаленного управления, погодная станция.

Высокая сторона трансформаторов подсоединяется к распределительному устройству РУ-10кВ, далее к секции сборных шин РУ-10кВ через вакуумный выключатель с заземлителем со стороны кабельного присоединения к воздушной линии 10 кВ. Сборные шины 10 кВ через выключатель соединяются с ВЛ-10 / 110 кВ подстанции.

Установленная мощность СЭС в среднем 15 МВт. Режим работы – параллельно с существующей сетью. Годовое суммарное значение солнечной радиации на горизонтальную поверхность равно  $1410,5 \text{ кВт ч / м}^2$ . Генерация электрической энергии СЭС составляет 21700 МВт часов в год. Через 10 лет эксплуатации СЭС сможет выдавать в сеть не менее 19530 МВт / ч электроэнергии.

В Наримановском районе Астраханской области введены в эксплуатацию три солнечные электростанции и планируется еще две мощностью по 15 Мвт: «Элиста Северная» и «Михайловская». Автор принимала участие в инженерных изысканиях и разработке проектной документации для строительства перечисленных энергетических объектов.

При строительстве и эксплуатации СЭС основными компонентами нагрузки на окружающую среду являются земельные ресурсы, подземные воды, атмосферный воздух, растительность и объекты животного мира.

Воздействие на земельные ресурсы предполагается при производстве планировочных работ, связанных с механическим повреждением почвогрунтов или их засыпкой. Для защиты от загрязнения требуется организованный сбор и отвод поверхностного стока за пределы территории и разработка программы обращения с отходами производства и потребления.

По окончании работ по строительству необходимо проведение технического этапа рекултивации, включающей в себя уборку строительного мусора, устройство проездов, организацию водоотвода поверхностного стока (рис. 1) [8].

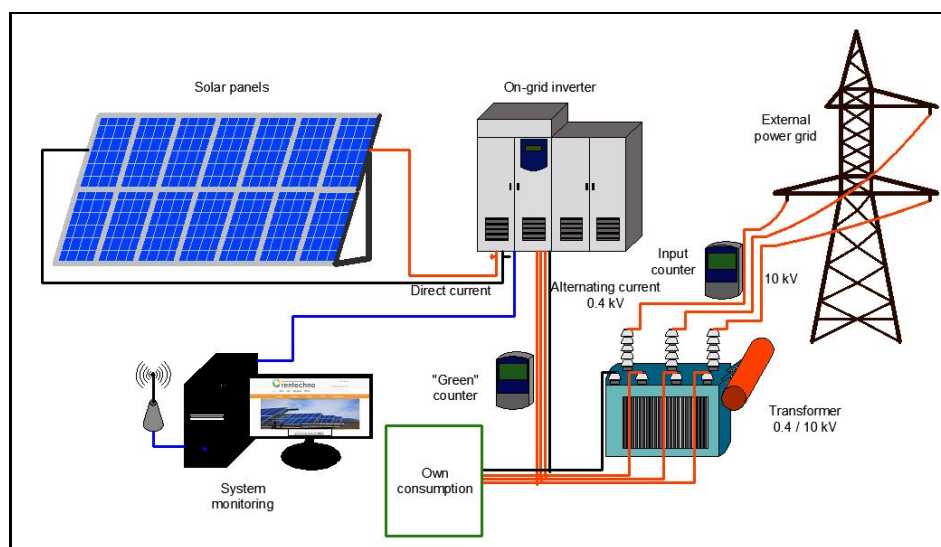


Рис. 1. Схема генерации электроэнергии солнечной электростанции

По опыту строительства солнечных электростанций на территории Астраханской области основная проблема возникает после обильных ливней или снеготаянии (размыв проездов) или сезонном подъеме уровня подземных вод. В результате этого есть угроза короткого замыкания в электросети подземной прокладки. Несоблюдение стройподрядчиком проекта рекомендаций по инженерной подготовке территории связано с дороговизной и приличными объемами земляных работ. В итоге возникают реальные риски безопасной и бесперебойной работы.

Озеленение на объектах альтернативной энергетики не рекомендуется, ввиду специфики размещения и эксплуатации оборудования. Для угнетения растительности на площадке рекомендуется обработка почвы гербицидом «Раундап» два раза в год в вегетативный и осенний период.

Воздействие на атмосферный воздух ожидается только в период строительства объекта. Удаленность от жилой зоны не предполагает превышения допустимого уровня с учетом фона. Шумовая нагрузка по опыту количественной оценки воздействия по предприятиям подобного уровня также прогнозируется на уровне гигиенических нормативов.

Некоторое отрицательное влияние на животный мир территории в процессе эксплуатации и строительства объекта будет иметь место. Оно связано с воздействием фактора беспокойства, вызванного прокладкой электросетей под напряжением, установкой инверторных станций, шумовым воздействием работающей техники. Факторы беспокойства вызывают миграцию в соседние биотопы отдельных видов птиц, млекопитающих, грызунов, пресмыкающихся и их пространственное перераспределение.

Солнечная электростанция «Элиста Северная» расположена в Наримановском районе, п. Трусово. Под строительство объекта выделены 38,54 га земель поселений, около 4,5 га из которых оставлено в резерве.

Территория землеотвода представлена частично нарушенным хозяйственной деятельностью ландшафтом поселений. Почвенный покров характеризуется как типичный комплекс литостратов на основе бурых полупустынных почв склона бэровского бугра с аллювиальными луговыми, занимающими шлейф и межбугровое понижение [3, 7].

Согласно справке фоновых концентраций, ни один из показателей загрязнения не превышает установленных санитарно-гигиенических нормативов и соответствует требованиям ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» [1]. Ближайшая жилая зона удалена на 50–400 м от южной границы участка.

Поверхность характеризуется техногенным рельефом, пересечена грунтовыми дорогами, с вариацией абсолютных отметок в интервале –24,19...–19,77 м. Ближайшие водотоки – ерики Солянка и Бештубинка – протекают северо-восточнее и южнее участка на расстоянии около 1,4 км.

Гидрогеологические условия территории характеризуются повсеместным распространением подземных вод четвертичного хвалыно-хазарского водоносного комплекса. Региональным водоупором служит глинистая толща бакинского яруса, залегающая на абсолютных отметках свыше –80 м, местным – глинистый пласт на абсолютной отметке ниже –55,0 м.

Водоносный горизонт морских нижнехвалыньских образований в основном безнапорный, приурочен к пескам и их прослойкам в глинистых грунтах. Положение статического уровня грунтовых вод по состоянию на вторую декаду мая 2018 г. зафиксировано в интервале абсолютных отметок –25,7...–24,7 м. Направление потока подземных вод ориентировано на юг, в сторону местной разгрузки в межбугровую мульду высохшего соленого ильменя.

Режим подземных вод носит сезонный характер и зависит как от естественных (инфильтрации поверхностного стока), так и от техногенных факторов: утечек из подземных водонесущих сооружений со стороны жилого массива и промзоны. Уровень подземных вод устанавливается на разной глубине в зависимости от сезона года. В меженный период его положение соответствует интервалу абсолютных отметок –26,5...–25,5 м (осень – зима). В сезон весенне-летнего половодья он поднимается до абсолютных отметок –24,8...–24,4 м.

Подземные воды горизонта соленой и слабо рассольной минерализации: от 28,7 до 66,5 г /  $\text{дм}^3$ , хлоридного натриево-магниевое состава основных растворенных солей; сильно агрессивны к бетонам и железобетонам на портландцементе.

Расчет прогнозного уровня произведен аналитическим методом с использованием данных режимных наблюдений на городской сети наиболее многоводного 2005 г. (скважины №№ 82, 116,

117). Максимальное положение уровня воды в скважинах на конец второй декады мая зафиксировано в среднем на абсолютной отметке  $-23,0$  м.

Для полубесконечного потока положение уровня подземных вод во времени при изменении его на границе может быть найдено по формуле Н.Н. Веригина. Максимальные прогнозные отметки уровня грунтовых вод колеблются в интервале от  $-24,3...-23,8$  м под положительными формами микрорельефа до  $-24,9...-24,5$  м под отрицательными. За расчётный уровень подземных вод рекомендуется принять среднюю отметку  $-24,0$  м под положительными формами в восточном секторе и  $-24,6$  м – под отрицательными.

При планировочных отметках рельефа в среднем в интервале  $-22,0...-22,6$  м выдерживается нормативный разрыв до максимального положения прогнозного уровня подземных вод, и никаких специальных мероприятий по осушению территории не требуется [10]. Для предотвращения возможной коррозии со стороны почвогрунтов и соленых подземных вод подбирается соответствующая марка бетона и рекомендуется выполнить гидроизоляцию поверхности заглубляемых бетонных и металлических конструкций фундамента.

По приведенным агрохимическим характеристикам почвы территории не подлежат охране из-за низкого содержания гумуса, высокого содержания токсичных солей и показателя щелочности среды свыше 8,2 ед. рН. При инженерной подготовке до начала строительства предварительного снятия плодородного почв со складированием во временный отвал не требуется.

Результаты маршрутной глазомерной съемки, геохимических, радиологических и санитарно-эпидемиологических испытаний позволяют оценить состояние почвенного покрова участка как удовлетворительное.

По степени химического загрязнения неорганическими и органическими соединениями почвы относятся к категории «чистая». Гигиеническая оценка почвы показала отсутствие в пробах патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов [2, 5]. Рекомендация по использованию – без ограничений.

Результаты опробования подземных вод свидетельствуют о процессе длительного континентального засоления в аллювиально-морских современных осадках при допустимом характере загрязнения токсичными металлами и нефтепродуктами.

Редкие виды растительного и животного мира, занесенные в Красную книгу РФ и Красную книгу Астраханской области, не обнаружены на площади размещения СЭС [4, 6].

С учетом площади застройки около 5 % от общей площади участка прогнозируется максимальное сохранение естественного режима влагообеспеченности территории и почвенно-растительного покрова.

Солнечная электростанция «Михайловская» запроектирована в черте г. Нариманов, западнее психоневрологического интерната, не имеет оборудованных подъездных путей. Под размещение объекта выделен участок 36 га земель поселений и еще 2 га под подъездную дорогу к нему. Зарезервировано под будущее развитие станции свыше 5 га площади.

В геоморфологическом отношении территория приурочена к правобережной морской аккумулятивной равнине, активно переработанной золовыми процессами в современный период. Для нее характерна низменная равнина с рельефом бугристо-кучевых полузакрепленных и закрепленных песков, покрытых полынно-эфемеровой растительностью, зарослями джужгуна и тамарикса. Поверхность в основном хорошо задернована сравнительно густым травостоем [6]. По основным видам социально-экономической функции территория относится к элементу пограничного естественно-селитебного ландшафта.

Состояние воздушного бассейна в районе удовлетворительное: показателей загрязнения не превышает установленных санитарно-гигиенических нормативов [1]. Ближайшая жилая зона удалена на 400 м от восточной границы земельного участка. Ближайший водоток – р. Волга – протекает в 690 м восточнее площади.

Почвенный покров площади изысканий представлен песками, закрепленными в сочетании со слабо закреплёнными до 10–25 %, маломощными и слабо гуммированными [3, 7]. Почвы также имеют щелочную реакцию среды (более 8,2 ед. рН), поэтому предварительного снятия гумусового горизонта не требуется.

Подземные воды по составу хлоридные натриево-магниевые, от солоноватых до соленых, практически не загрязнены токсичными металлами и органическим веществом. Концентрация железа наблюдается в пределах ОДК.

Краснокнижные виды растений и животных на площади размещения солнечной электростанции не встречены [4].

Результаты моделирования гидрогеологических условий представлены на карте гидроизогипс (рис. 2). Максимальные отметки прогнозного уровня подземных вод изменяются от  $-23,7$  до  $-23,10$  м. За расчётный строительный уровень рекомендуется принять среднюю отметку  $-23,4$  м.

При планировочных отметках поверхности  $-21,7...-21,1$  м нормативный разрыв до максимального положения прогнозного уровня подземных вод (2 м) выдерживается с большим запасом, и специальных мероприятий по осушению территории (дренаж) не требуется [9, 10].

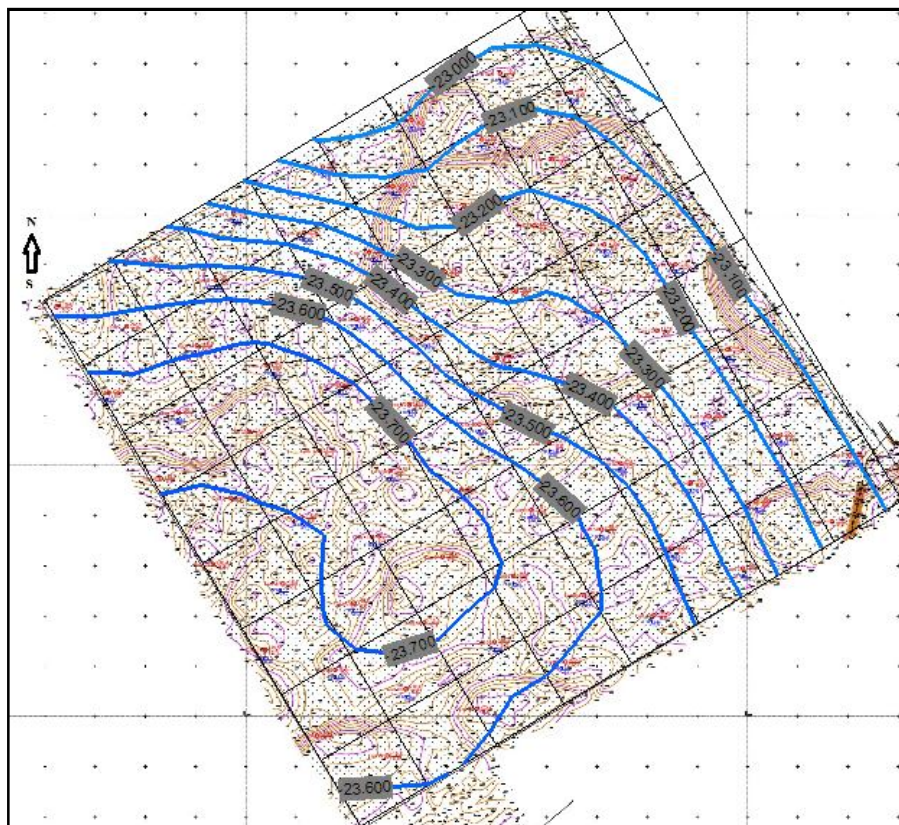


Рис. 2. Схематическая карта положения прогнозного уровня подземных вод

Проектной документацией рекомендуется программа экологического мониторинга объектов, которая включает в себя мониторинг хозяйственной деятельности и мониторинг состояния окружающей среды.

Мониторинг хозяйственной деятельности осуществляется работниками эксплуатирующей организации с помощью аккредитованных лабораторий. Мониторинг состояния окружающей среды осуществляется специализированными организациями и территориальными службами государственного экологического контроля [8].

**Выводы и рекомендации.** Негативное воздействие намечаемой деятельности на земельные ресурсы, растительный и животный мир территории прогнозируется незначительное, что не окажет существенного влияния на наиболее ценные и функционально значимые компоненты биоты и не приведет к снижению биоразнообразия.

Необходимо строго выполнять проектные решения в части инженерной подготовки территории во избежание процессов подтопления или затопления, выполнять мероприятия по угнетению травостоя и обязательному мониторингу объекта, особенно в период строительства.

## Список литературы

1. Доклад об экологической ситуации в Астраханской области в 2016 году / под ред. И. О. Краснова, Ю. С. Чуйкова, С. В. Крылова, М. А. Галкиной, А. А. Знобищева. – Астрахань, 2017. – 229 с.
2. Калинкина В. Е. К вопросу о биоремедиации урбанизированных почв аридной территории России: микробиологические показатели и индикаторные объекты / В. Е. Калинкина, Н. А. Сальникова, А. Л. Сальников // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2015. – № 1 (17). – С. 26–40.
3. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимов. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 342 с.
4. Красная книга Астраханской области / под ред. Ю. С. Чуйкова. – Астрахань : НЦЭО, 2004. – 356 с.
5. Курбатова А. С. Оценка состояния почв и грунтов при проведении инженерно-экологических изысканий / А. С. Курбатова, С. А. Герасимова и др. – Москва : Научный мир, 2005. – 180 с. – (Серия: Экологическое сопровождение градостроительной деятельности).
6. Лактионов А. П. Флора Астраханской области / А. П. Лактионов. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2009. – 296 с.
7. Почвенная карта Наримановского района масштаба 1:25000 к ТЭО проектирования ЗОС в районе Западных подstepных ильменей. – Астрахань : Астрахангипроводхоз, 1990.
8. Пособие к СНиП 11-01-95 по разработке раздела проектной документации «Охрана окружающей среды». – Москва : ЦЕНТРИНВЕСТпроект, 2000. – 55 с.
9. СП 104.13330.2016. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85. – Москва : Строительство, 2017. – 8 с.
10. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003. – Москва : НИИОСП им. Н.М. Герсеева, 2012. – 8 с.

## References

1. Krasnov I. O., Chuykov Yu. S., Krylov S. V., Galkina M. A., Znobishchev A. A. *Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Astrakhanskoj oblasti v 2016 godu* [Report on the environmental situation in the Astrakhan region in 2016], Astrakhan, 2017. 229 p.
2. Kalinkina V. Ye., Salnikova N. A., Salnikov A. L. K voprosu o bioremediatsii urbanizirovannykh pochv aridnoy territorii Rossii: mikrobiologicheskie pokazateli i indikatorye obekty [On the question of the bioremediation of urbanized soils of the arid territory of Russia: microbiological indicators and indicator objects]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii* [Scientific Journal of Russian Research Institute of Land Improvement Problems], 2015, no. 1 (17), pp. 26–40.
3. Shishov L. L., Tonkonogov V. D., Lebedeva I. I., Gerasimov M. I. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnostics of soils of Russia], Smolensk, Oykumena Publ., 2004. 342 p.
4. Chuykov Yu. S. *Krasnaya kniga Astrakhanskoj oblasti* [The Red Book of the Astrakhan Region], Astrakhan, NTsENO Publ., 2004. 356 p.
5. Kurbatova A. S., Gerasimova S. A., et al. *Otsenka sostoyaniya pochv i gruntov pri provedenii inzhenerno-ekologicheskikh izyskaniy* [Assessment of soil and soil during engineering and environmental surveys], Moscow, Nauchnyy mir Publ., 2005. 180 p. (Series: Series: Environmental support of urban planning).
6. Laktionov A. P. *Flora Astrakhanskoj oblasti* [Flora of the Astrakhan Region], Astrakhan, Astrakhan University Publ. House, 2009. 296 p.
7. *Pochvennaya karta Narimanovskogo rayona masshtaba 1:25000 k TEO proektirovaniya ZOS v rayone Zapadnykh podstepnykh ilmeney* [Soil map of Narimanov district of 1:25000 scale to the feasibility study of AIA design in the area of the Western substepra ilmeneus], Astrakhan, Astrakhangiprovodkhoz Publ., 1990.
8. *Posobie k SNiP 11-01-95 po razrabotke razdela proektnoy dokumentatsii «Okhrana okruzhayushchey sredy»* [Manual to SNiP 11-01-95 on the development of the section of project documentation "Environmental Protection"], Moscow, TsENTRINVESTproekt Publ., 2000. 55 p.
9. SP 104.13330.2016. Engineering protection of the territory from flooding and flooding. Updated version of SNiP 2.06.15-85, Moscow, Stroitelstvo Publ., 2017. 8 p.
10. SP 116.13330.2012. Engineering protection of territories, buildings and structures from dangerous geological processes. The main provisions. Updated edition of SNiP 22-02-2003, Moscow, Construction Research Institute named N. M. Gersevanov, 2012. 8 p.