

УДК 624.139

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СОЛЕПЕРЕНОСА В ГРУНТАХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ. ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА МЕТОДЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

С. П. Кудрявцева, Ю. Г. Кожевникова

Астраханский инженерно-строительный институт

Проблемы солепереноса и соленакопления относятся к специфическим формам воздействия на грунтовые массивы, конструкции и сооружения, работающие в грунтах и на стыке сред. В течение последних 10 лет, с возрастанием промышленно-гражданского строительства, освоения территорий, водопотребления и обводнения территорий, сильно нарушено равновесие, сложившееся в течение столетий, между геологической средой и инженерными сооружениями. Стали развиваться отрицательные процессы и явления, осложняющие и ухудшающие инженерно-геологические и гидрогеологические условия, деформирующие памятники архитектуры, современные здания и сооружения. Среди отрицательных процессов, развитых на территории Астраханской области, наиболее опасными являются подтопление подземными водами, заболачивание и засоление. С ними связано увеличение влажности грунтов оснований, снижение их прочностных свойств, повышение коррозионности, агрессивности.

Изучение этих процессов, мониторинг состояния территорий важны с точки зрения учета техногенных изменений геологической среды, их отрицательных последствий, охраны георесурсов, существующих и проектируемых зданий и сооружений.

Ключевые слова: *уровень грунтовых вод, солеперенос, минерализация грунтов, фильтрация, мониторинг состояния.*

Salt transportation and salt accumulation refer to specific forms of affecting soil arrays, structures and buildings working on soils and at the junction of environments. Increase in industrial and civil engineering, development of territories, increase in water supply and flooding caused the following problem: during the last 10 years age-old balance between geological environment and engineering structures has been greatly destroyed. Negative processes and phenomena began to develop, worsening and deteriorating hydrogeological, engineering and geological conditions, deconstructing architectural monuments and modern structures and buildings. Among negative processes that have been developed on the territory of Astrakhan region the most dangerous ones are as follows: underflooding by ground waters, water logging and salinization. These cause increase in humidity of soils, decrease in their strength, soil corrosiveness and aggressiveness.

It is significant to study these processes and provide monitoring of territories taking into account geological resources protection, technogenic changes in geological environment and their hazardous consequences.

Key words: *ground water level, salt transportation, mineralization of soils, filtration, state monitoring.*

Исторически сложилось так, что первые работы по исследованию концентрации солей в грунтовых водах и почвах были инициированы с целью разведки нефтяных и газовых месторождений [2–4, 6].

В последние годы, с возрастанием промышленно-гражданского строительства, освоения территорий, водопотребления и обводнения территорий, сильно нарушено равновесие, сложившееся в течение столетий между геологической средой и инженерными сооружениями. Стали развиваться отрицательные процессы и явления, осложняющие и ухудшающие инженерно-геологические и гидрогеологические условия, деформирующие памятники архитектуры, современные здания и сооружения. Среди отрицательных процессов, развитых на территории Астраханской области, наиболее опасными являются подтопление подземными водами, заболачивание и засоление. С ними связано увеличение влажности грунтов оснований, снижение их прочностных свойств, повышение коррозионности, агрессивности, затопление фундаментов и подвальных помещений сооружений и их деформация.

В генеральном плане развития города Астрахани и его инженерно-геологическом обосновании слабо разработаны вопросы учета техногенных изменений геологической среды, их от-

рицательных последствий, рационального использования и охраны геологической среды, инженерной защиты памятников архитектуры, современных зданий и сооружений от воздействия отрицательных процессов.

К районам с наиболее сложной техногенной нагрузкой, оказывающим самое сильное воздействие на природную основу современных ландшафтов, относятся городские ареалы, промзоны, промцентры, промплощадки, а также ареалы разработок минерального сырья с соответствующей территориальной инфраструктурой. К этим же категориям земель нужно отнести и зоны так называемых «транспортных коридоров», по которым проходят железные и автомобильные дороги, газо- и нефтепроводы, линии электропередач и др. Во многих случаях они идут параллельно на незначительном удалении друг от друга, усиливая тем самым воздействие на природную среду [6–8].

Выявление и определение экологических проблем, проявляющихся на той или иной территории, зависит от выделенных природно-антропогенных ареалов, в которых интегрированно проявляются свойства природных ландшафтов и особенности видов использования земель. Сущность же каждой экологической проблемы определяется такими явлениями, как нарушение, истощение или утрата природных свойств.



Учет соляных структур как зон экологического риска необходим с точки зрения:

- оптимизации архитектурно-градостроительных, конструкторских и технологических разработок с учетом исключения негативных воздействий на окружающую среду, включая зоны подтопления и зоны с засоленными грунтами;
- прогнозирования и оценки возможных негативных последствий строительства, эксплуатации новых и реконструируемых зданий и сооружений для окружающей среды;
- применения отходов производства при изготовлении строительных материалов и изделий с целью исключения поступления отходов в окружающую среду;
- использования биопозитивных, помогающих развитию природы градостроительных, архитектурных, конструктивных, технологических решений;
- своевременного, при помощи экологического мониторинга, выявления объектов, наносящих ущерб окружающей среде, предупреждения засоления, в том числе при поливах, проведения оценки повреждений строительных конструкций (в первую очередь, заглубленных железобетонных и металлических) и принятия соответствующих решений.

Процессы соленакопления относятся к числу ведущих ландшафтообразующих факторов в аридных районах, и экологическое состояние ландшафтов во многом определяется характером проявления очагов засоления.

Обзор геологической истории Каспийской впадины с достаточной определенностью устанавливает те колоссальные геологические факторы, которые привели к засоленности осадочных пород, слагающих Каспийскую равнину и прилегающие к ней территории. Вследствие своеобразной соляной тектоники данной территории геологические процессы являются мощными источниками солей, отлагающихся в новейших делювиальных, аллювиальных, лагунных, ильменных и озерных наносах и почвах [5].

Поэтому на современной поверхности Прикаспийской низменности представлен сложный комплекс наносов морского и дельто-аллювиального происхождения, а также не менее сложный комплекс аккумулятивных и типичных эрозионных форм рельефа различного абсолютного и относительного возраста [4, 5].

Расширение строительства, в частности использования подземной среды, делает вопросы солепереноса все более актуальными.

Дополнительную важность этой теме придает расширение масштабов строительства на неудобных участках, включая зоны подтопления и зоны с засоленными грунтами.

Современные виды инженерно-хозяйственной деятельности человека приводят к специфическим формам техногенного воздействия, основная составляющая которых выражается в химическом воздействии на геологическую среду.

Одна из форм техногенного воздействия – это изменение химического состава твердой и жидкой фаз пород в зоне аэрации под влиянием длительного увлажнения в условиях застойного или действующего режимов при инженерном освоении территории с широким развитием засоленных пород.

Подтопление территории приводит к изменению ее сейсмичности, обводнению фундаментов, просадке и деформациям сооружений. Повышение уровня грунтовых вод не только нарушает сложившийся водный баланс, но и ухудшает экологическое состояние земель вследствие усиленного загрязнения подземных вод. Процессы подтопления и повышения минерализации грунтовых вод изменяют геолого-инженерные свойства грунтов, ранее находившихся в зоне аэрации, снижают несущие свойства грунтов.

Изменение минералогического состава грунтовых вод меняет их агрессивность по отношению к подземным частям сооружений. При продолжительных осадках уровень грунтовых вод поднимается, снижается их карбонатная жесткость, и это повышает ее способность к выщелачиванию извести в каменных и бетонных конструкциях.

При отсутствии атмосферных осадков и в связи с обильным испарением увеличивается минерализация воды в верхних слоях грунта, то есть в зоне подземных частей сооружений. Повышение содержания в воде солей, способных кристаллизоваться при взаимодействии с цементом или при испарении влаги, вызывает иной вид разрушения – кристаллизационный.

Грунтовая вода вследствие капиллярного поднятия перемещается вверх на значительную высоту и обводняет верхние слои грунта. В некоторых условиях капиллярная и грунтовые воды могут сливаться и устойчиво обводнять подземные части сооружений, в результате чего усиливается коррозия конструкций, снижается прочность оснований.

Для контроля за уровнем грунтовых вод и степенью их минерализации необходимо планирование и организация опытно-фильтрационных работ. При планировании исследований следует всегда ориентироваться на сложившиеся к моменту изысканий представления об общей структуре фильтрационных потоков, определяемых гидрогеологическими условиями. Эти представления, полученные



в результате анализа имеющихся фондовых материалов, могут стать основой для построения предварительной фильтрационной схемы территории.

Сохранность и долговечность сооружений во многом зависят от условий их эксплуатации, воздействия окружающей среды, технического содержания конструкций и своевременного выполнения профилактических и планово-предупредительных ремонтов.

Начальный уровень качества объекта формируется в процессе строительства и в значительной мере определяет дальнейшее поведение конструкций при эксплуатации. Причины разрушений можно разделить на внешние и внутренние. К внешним относятся природно-климатические условия, наличие коррозионно-агрессивных компонентов в воздушной зоне и в грунтах; к внутренним – технология изготовления железобетонных конструкций, металлопроката и брак при производстве строительномонтажных работ.

Наиболее характерными повреждениями металлических конструкций, влияющими на работоспособность и эксплуатационную пригодность, считаются разрушение защитных покрытий и коррозия металла. Для изучения состояния металла проводятся металлографические исследования в соответствии с ГОСТ 5640-68 и ГОСТ 10243-75. Твердость металла определяется по методу Бринеля. Для нахождения состава продуктов коррозии применяется рентгенофлуоресцентный анализ на сканирующих спектрометрах ВРА-30.

Обнаружение и исследование коррозии бетона и железобетона осуществляются визуально и с помощью ускоренных методов испытаний.

Для изучения коррозии I вида – выщелачивания цемента – применяется три метода:

- 1) фильтрация агрессивного раствора через измельченный цементный камень;
- 2) фильтрация раствора через образец с нарушенной структурой;
- 3) перемешивание измельченного цементного камня с агрессивным раствором.

Для изучения коррозии II вида – химического разрушения цемента – используются методы фильтрации через ненарушенный или измельченный цементный камень, как и для коррозии I вида, а также метод хранения образцов в агрессивной среде, если в естественных условиях она сильно агрессивна.

Выводы об опасности коррозии I и II видов делаются на основе химических анализов жидкой и твердой фаз, микроскопического, петрографического и рентгенографического исследований твердой фазы, а также других исследова-

ний, позволяющих выявить изменения в цементном камне и растворе в результате их взаимодействия.

Для изучения коррозии III вида – кристаллизационного разрушения цемента – применяется метод испытания ненарушенных образцов в агрессивной среде с повышенной до некоторых пределов концентрацией. Для вывода об опасности этого вида коррозии применяется метод пластической деформации по ГОСТ 22690-88.

Исследование морфологических особенностей рельефа, его генезиса, возраста, динамики развития поддается дистанционным методам в разной степени. Морфологические особенности и изображающиеся на снимках элементы ландшафта, связанные с рельефом, позволяют по индикационным признакам выявлять генезис рельефа.

С развитием информационных технологий значительно возросли возможности мониторинговых исследований. Современные геоинформационные системы функционируют на стационарных компьютерах и мобильных устройствах: КПК, коммуникаторах, смартфонах. Компьютерные технологии дают возможность выполнять космические снимки, которые содержат подробную информацию о состоянии объектов земной поверхности в момент съемки. Для дешифрования снимков используются специальные методы и дополнительные данные, полученные из различных источников – карт, отчетов о полевых испытаниях и ранее сделанных снимков той же территории. Одним из исследовательских методов является метод дистанционного зондирования.

В полевой исследовательской практике применяются современные автоматизированные инструментальные средства, такие как лазерные сканеры.

Для подробного описания процессов, происходящих в бетонных строительных конструкциях, в настоящее время применяются электронные приборы, выполненные по принципу неразрушающего контроля прочностных свойств (ГОСТ 22690-88). Контроль прочности может быть проведен с помощью электронных склерометров, контроль сплошности конструкции – с помощью приборов, относящихся к группе работающих по методу проникающих сред, контроль толщины защитного слоя бетона и диаметра арматурных стержней – с помощью электронного ИЗС-4 МГ [1].

Для дальнейшего прогнозирования, исследования и описания засоления и осолонцевания почв необходимо:

- выделить и количественно охарактеризовать основные существующие и потенциальные источники водорастворимых солей, которые



могут быть представлены: минерализованными грунтовыми водами, глубокими подземными и артезианскими водами, ирригационными, инфильтрационными, поступающими с повышений, орошаемых территорий, оросительных каналов, водохранилищ, водами поверхностного стока, засоленными материнскими породами и геологическими слоями, продуктами локального выветривания, атмосферными осадками (соли эолового происхождения);

- исследовать особенности солевого режима с точки зрения количественного изменения общего содержания солей в почве с течением времени, собирать и систематизировать данные

о переносе солей в водонасыщенных и ненасыщенных слоях почв, о факторах, влияющих на движение солей, таких как диффузия, изменение растворимости, взаимодействие между твердой и жидкой фазами почв и т. д.;

- проанализировать и принять во внимание природные условия (факторы окружающей среды) – геологические, гидрологические, гидрогеохимические, геоморфологические факторы, а также влияние рельефа, климата и т. д. на солевой режим почв;

- учитывать влияние человеческой деятельности на процессы как аккумуляции, так и выноса солей.

Список литературы

1. Бойко М.Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий. Л. : Стройиздат, Лен. отд-е, 1975. 336 с.
2. Бреслер Э., Макнил Б. Л., Картер Д. Л. Солончаки и солонцы. Принципы, динамика, моделирование. Л. : Гидрометеоздат, 1987. 294 с.
3. Геоэкологическая характеристика Астраханской области / Н. И. Воронин, Б. И. Кочуров, Н. Н. Гольчикова и др. ; под ред. Н. И. Воронина, Н. Н. Гольчиковой. Астрахань : Изд-во АГТУ, 2004. 92 с.
4. Гольчикова Н. Н. Оценка состояния природной среды Северо-Западного Прикаспия : монография. Астрахань : Изд-во АГТУ, 2005. 148 с.
5. Коринец В. В., Головин В. Г. и др. Материалы экспедиции по маршруту С. Гмелина – И. Комова / Астраханское региональное отделение фонда им А. Т. Болотова. Астрахань, 2003. 138 с.
6. Моделирование процессов засоления и осолонцевания почв : монография / отв. ред. В. А. Ковда, И. Сабольч. М. : Наука, 1980. 261 с.
7. Почвенно-мелиоративные исследования Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги / под общ. ред. Н. А. Качинского. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1958. 153 с.
8. Соколов Н. И. Исследование солонцеватости почв под садами и огородами Астраханской губернии : в 2 ч. Петроград : Тип. Альтшулера, 1914–1916.

© С. П. Кудрявцева, Ю. Г. Кожевникова