

УДК 551.435.8(470.325)

РАЗВИТИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ СУФФОЗИОННО-ПРОСАДОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА**DEVELOPMENT AND DISSEMINATION OF SUFFUSION-SUBSIDENCE PROCESSES IN THE BELGOROD REGION AND THEIR ENGINEERING-GEOMORPHOLOGICAL ASSESSMENT****В.А. Хрисанов¹, С.Н. Колмыков²****V.A. Hrisanov¹, S.N. Kolmykov²**¹ *Белгородский юридический институт МВД России, Россия, 308024, г. Белгород, ул. Горького, 71*² *Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85*¹ *Belgorodsky Law Institute of the Ministry of Interior of Russia, 71 Gorky St, Belgorod, 308024, Russia*² *Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia**E-mail: khrisanov@bsu.edu.ru; kolmykov@bsu.edu.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются природные факторы Белгородской области, способствующие образованию суффозионно-просадочных процессов. Объясняется динамика развития суффозионных процессов, используя данные полевых наблюдений в Борисовском и Грайворонском районах. Приводятся примеры распространения различных суффозионных форм рельефа, дается их количественная характеристика. Так размеры блюдцеобразных западин достигает 50–200 м при глубине 1–3 м. При этом отмечается, что преобладающими формами суффозионного рельефа являются суффозионные блюдца, западины и воронки проседания. Распространены они в основном в поймах и надпойменных террасах. В основном суффозионно-просадочные процессы приурочены к лессовидным отложениям, но встречаются и в северо-восточной части области на ледниковых отложениях. Нередко суффозионно-просадочные процессы активизируются в результате хозяйственной деятельности человека. Отмечается также то, что в целях недопущения негативных последствий этих процессов необходимо своевременно проводить целый комплекс специальных инженерных мероприятий. В статье также раскрываются принципы районирования территории Белгородской области по степени интенсивности проявления суффозионно-просадочных процессов.

Résumé. The article deals with the natural factors of the Belgorod region, contributing to the formation of suffusion-subsidence processes. This is explained by the dynamics of suffusion processes using field observations in the Borisovsky and Grayvoronsky districts. Examples of suffusion distribution of various forms of relief and their quantitative characteristics are given. So the size of saucer depressions reaches 50–200 m at a depth of 1–3 m. It is noted that the predominant forms of relief are suffusion saucers, sinkholes and subsidence funnels. They are distributed mainly in floodplains and terraces above the floodplain. Basically suffusion-subsidence processes are confined to loess-like deposits, but are also found in the north-eastern part of the region on the glacial sediments. Often suffusion-subsidence processes are activated as a result of human activities. It is also noted that in order to avoid the negative consequences of these processes it is necessary to carry out in good time a whole range of special engineering measures. The article also reveals the principles of zoning of the Belgorod region according to the degree of intensity of manifestation of suffusion-subsidence processes.

Ключевые слова: суффозионные процессы, просадочные явления, суффозионные воронки, лессовидные суглинки, западины, вымывание частиц, проседание грунта.

Key words: suffusion processes, subsidence phenomenon, suffusion funnels, loess, depressions, washing away particles, subsidence of ground.

На территории Белгородской области широкое развитие получили суффозионно-просадочные процессы [Корнилов и др., 2013; Корнилов и др., 2014], которые проявляются путем вымывания мелких частиц пород, в результате чего образуются различные округлые понижения, сокращающие площади плодородных земель и способствующие разрушению строительных объектов. Особенно активизация этих



процессов наблюдается в период интенсивного увлажнения поверхностных почв и грунтов, при подъеме уровня подземных вод и хозяйственной деятельности человека.

В отдельных случаях в результате суффозии образуются просадочные явления – уплотнение и просадка грунта, находящегося под действием нагрузки строительных объектов или только собственного веса грунта. Эти процессы более активно происходят при искусственном замачивании (песчано-глинистых и лессовидных отложений), и различных динамических воздействиях (вибрационные просадки). Величина проседания поверхности, вызванная просадкой грунтов, колеблется от нескольких см до 2 м и более. Просадки могут вызывать образование трещин на поверхности в массиве грунта и нарушают устойчивость фундаментов зданий. Если фильтрация влаги в просадочных породах при замачивании происходит после окончания просадочного явления, то возможна послепросадочная деформация грунта за счет выщелачивания из него водорастворимых соединений. Зачастую суффозионные и просадочные процессы проявляются во взаимосвязи и взаимообусловленности.

Иногда интенсивный вынос частиц породы может привести к образованию пустот, а обвалы над пустотами создают воронки, превышающие нескольких метров в диаметре. На территории Белгородской области встречаются воронки на водораздельных пространствах, диаметром около 2–5 м, овальной формы. Такие воронки могут располагаться в одиночку и группами. При дальнейшем выносе подземными водами масс на месте воронки образуется провал – впадина, ограниченная обрывами. Со временем провалы углубляются и расширяются. Сливаясь, суффозионные воронки и провалы создают понижения, с которыми может быть связано образование просадок в покровных отложениях и формирование оврагов [Петин, 2013].

В России просадочными породами занято около 3.5 млн. кв. км, что составляет более 20% всей территории страны. В Белгородской области эти породы занимают более 15% территории. В результате часть населенных пунктов и особенно полотна дорог находятся под воздействием суффозионно-просадочных процессов.

В Белгородской области структурно-неустойчивые грунты составляют в основном аллювиальные, флювиогляциальные и отдельные разрозненные участки разнозернистого песка, ила, глины и лессовидных суглинков, в которых нарушение структуры грунта происходит при их интенсивном замачивании. При этом происходит понижение прочности связей между частицами и в результате этого возникают просадочные явления [Хрисанов, Михайликов, 2012].

Процессы суффозии создают своеобразные формы рельефа: блюдца, котловины и западины. Как правило, они имеют овальную форму, небольшую глубину – до 2 м и между собой отличаются лишь величиной. Развиваются суффозионные процессы на плоских или слегка наклонных равнинах, сложенных рыхлыми грунтами особенно на поймах и надпойменных террасах рек восточной и центральной части области [Петин, 2005].

Что касается динамики суффозионных процессов, то при фильтрации с поверхности почв и грунтов влаги, подземная вода совершает разрушительную работу, так как из окружающих пород вымываются составляющие их мелкие частицы. Проявляющаяся при этом суффозия сопровождается оседанием вышележащей толщи с образованием на поверхности западин, просадочных депрессий, небольших суффозионных воронок и блюдец. В отличие от карста при суффозии не происходит полного растворения породы, а происходит механический вынос микрочастиц.

В целом различают три вида суффозии – механическую, химическую и смешанную химико-механическую. При механической фильтрующаяся вода отрывает от породы и выносит во взвешенном состоянии целые частицы (глинистые, пылеватые, песчаные). При химической вода растворяет частицы породы (гипс, соли, карбонаты) и выносит продукты разрушения.

При одновременном действии этих двух видов суффозии иногда применяют термин – химико-механическая суффозия. Такая суффозия может быть в лессовых породах, где растворяется карбонатное цементирующее вещество и одновременно выносятся глинистые частицы.

Основной причиной суффозионных явлений следует считать возникновение в подземных водах значительных сил гидродинамического давления и превышение величины некоторой критической скорости воды. Это вызывает отрыв и вынос частиц во

взвешенном состоянии. Суффозия наиболее свойственна гранулометрически неоднородным породам (аллювиальным, флювиогляциальным и др.) Так, например, по нашим наблюдениям на центральном пляже Борисовского района процесс механической суффозии в разнородном песке происходит следующим образом. Песок состоит из частиц различного размера – больших и малых. Большие частицы создают структурный каркас породы. Поры достаточно велики и через них под действием фильтрующейся воды свободно проходят мелкие частицы (глинистые, пылеватые). Суффозия в таких песках возникает с момента появления критического напора. Суффозия может происходить в глубине массива пород или непосредственно вблизи поверхности земли.

В глубине массива перенос мелких частиц осуществляется водой из одних пластов в другие или в пределах одного слоя. Это приводит к изменению состава пород и образованию подземных каналов. В глубине массива суффозия может возникать также на контакте двух слоев, различных по составу и пористости. При этом мелкие частицы одной породы потоком воды переносятся в поры другой породы. При суффозии на контакте между слоями иногда формируются своеобразные прослои или вымываются пустоты. На территории Белгородской области характерными являются пустоты в карбонатных, в частности, на контакте с подстилающими их кавернозными известняками-ракушечниками. Размер пустот иногда достигает нескольких метров. Такие пустоты развиты, например, на склонах долины реки Оскол. Развитие разнообразных пустот нередко сопровождается провалом поверхности земли, повреждением зданий и подземных коммуникаций.

Зачастую развитие пустот начинается с ходов землероев и при условии возникновения в них турбулентных завихрений фильтрующей воды. Породы разрушаются и образуются различные пустоты размыва.

Как механическая, так и химическая суффозия активно проявляется также вблизи поверхности земли при естественном или искусственном изменении гидродинамических условий – формировании воронок депрессии, колебаниях уровня подземных и поверхностных вод, откачках, дренировании. На территории Белгородской области суффозионные процессы часто возникают на склонах речных долин и откосах котлованов и берегах водохранилищ при быстром спаде паводковых вод или сбросе лишней воды, в местах выхода на поверхность грунтовых вод, на орошаемых территориях.

В откосах строительных выемок суффозионный вынос частиц приводит к оседанию поверхности, образованию провалов, воронок, оползней. Химическая суффозия может проходить длительное время и выщелачивает не только карбонаты и другие, сравнительно легко растворимые вещества, но и кремнезем. При значительном растворении пород химическая суффозия нередко переходит в карстовый процесс [Хрисанов и др., 2016].

При исследовании пород, в которых наблюдается возможная фильтрация воды, необходимо выявлять их способность к суффозии.

При проектировании объектов необходимо установить возможность проявления суффозионной осадки, определить величину и характер протекания суффозионной осадки. При этом следует определять всю суммарную величину вертикальной деформации засоленного основания, которая складывается из осадки, вызванной уплотнением грунтов от нагрузки объектов, и суффозионной осадки. Форма просадочных образований зависит от особенностей источника замачивания. При подъеме уровня грунтовых вод, скоплении дождевых и талых вод, характерно площадное замачивание, которое вызывает просадки на значительных площадях с формированием блюдцеобразных плоских понижений, воронок, ложбин; с точечными источниками (прорыв водопроводной и канализационной сети и т. д.) связываются локальные понижения земной поверхности, с линейными (инфильтрация вод через траншеи, каналы и т. д.) – продольные деформации.

Что касается динамики формирования различных форм суффозионно-просадочного рельефа – степных блюдец, западин, являющихся важными элементами рельефа Белгородской области, то блюдца представляют собой замкнутые плоскодонные понижения, в большом количестве разбросанные по поверхностям плоских водоразделов и речных надпойменных террас. Днища впадин от центра к периферии незаметно повышаются и часто без видимой бровки сливаются с окружающей равниной. В плане

блюдца имеют круглую, овальную или слегка вытянутую форму с размерами в поперечнике от нескольких до сотни метров и относительной глубиной до 2 м. Первопричиной возникновения таких форм рельефа служит локальное замачивание лёссовой толщи атмосферными или грунтовыми водами, скопившимися или выклинившимися в микропонижениях, и последующая быстрая просадка (рис. 1–2).



Рис. 1. Суффозионное блюдце в Борисовском районе
Fig. 1. Suffusion saucer in the Borisovsky District



Рис. 2. Пример суффозионного блюдца в Грайворонском районе
Fig. 2. Example suffusion saucer in Graivoronsky District

Все эти круглые и продолговатые понижения это проявление просадочного процесса. Поскольку они образуются и развиваются в субаэральных условиях, в их моделировке участвуют такие рельефообразующие процессы, как эрозия, суффозия и, поэтому, можно говорить о существовании просадочных, просадочно-эрозионных, просадочно-суффозионных и прочих формах рельефа области. Наряду с эрозией и суффозией действуют и другие факторы физического и химического преобразования почвогрунтов: термическое выветривание, выщелачивание, осыпание, обваливание и оползание со стенок, а также абразия, нивация.

Как показали исследования в Грайворонском районе, в ходе эволюции в послепросадочную стадию округлые блюдца на полях расширялись и увеличивали глубину, превращаясь в западины, как за счёт просадочного уплотнения днища, так и за счёт отступления стенок (бровок) под действием плоскостного смыва [Хрисанов, Колмыков, 2015], осыпания, обваливания, оплывания, нивации, абразии (в случае заполнения водой крупной формы). Систематическое их затопление привело к интенсивному выщелачиванию почв, выносу илистых частиц и коллоидов из пахотного горизонта в нижележащие. Почвы, сильно уплотнившись и претерпев кольматаж, потеряли проницаемость для воды, воздуха и корней растений. Мощность уплотнённого горизонта изменяется от 0.4 до 1.5 м и зависит от возраста просадочной формы и её размеров. Водопроницаемость грунта в ложе блюдца по опытным данным в 2.4 раза ниже, чем на соседнем водоразделе. В дальнейшем происходит постепенное увеличение площади и глубины степных блюдцев и западин. Суффозионные блюдца чаще всего округлой формы диаметром 3–30 м при глубине 0.5–2 м; западины могут иметь более сложную форму, достигать диаметра 30 м при глубине до 5 м. В настоящее время на территории Белгородской области сохраняется тенденция как расширения существующих просадочных форм, так и возникновения новых. При этом можно отметить, что блюдца являются первым, а западины – вторым элементом одного генетического ряда отрицательных форм рельефа равнинных территорий, сложенных лёссовыми и лёссовидными породами [Хрисанов, Бахаева, 2011].

Западины наиболее ярко выражены на северо-востоке Белгородской области, где некоторые из них занимают обширные площади. Относительная глубина этих форм изменяется от 5 до 30 м.

Замкнутые понижения рельефа просадочного генезиса весьма неблагоприятны для сельского хозяйства. Однако в результате соответствующих агротехнических мероприятий эти участки могут быть возвращены в категорию полноценных пахотных земель. Изучение степени пораженности просадочными явлениями сельскохозяйственных земель было проведено на основании анализа территории. В основном западины располагаются на широких водораздельных участках северо-востока области. Западины препятствуют своевременной весенней пахоте, так как в них дольше держится вода. В связи с этим сокращается вегетационный период выращиваемых сельскохозяйственных культур. Во влажные годы в них наблюдается вымокание посевов. На полях с западинами затруднен посев озимых зерновых культур, так как на повышениях, откуда сдувается снег, они вымерзают, а в западинах, где оказывается больше снега, они выпревают. Крупные западины с рощицами из ив, берез, осин опахиваются, в них формируются особые почвы (солони).

В Белгородской области по результатам инженерно-геологического обследования на территории Ровеньского района суффозионные явления в виде замкнутых понижений установлены на поверхностях междуречий и в долинах рек в местах распространения рыхлых лёссовидных суглинков и супесчаных отложений [Хрисанов, 2000].

Суффозия приводит к проседанию вышележащей толщи и образованию западин (суффозионных воронок, блюдцев, впадин) диаметром до 10 и даже 100 метров, а также пещер. Другим следствием может быть изменение гранулометрического состава пород как подверженных суффозии, так и являющихся фильтром для вынесенного материала.

Наиболее широкое развитие суффозия получает в области распространения лёссов и лёссовидных суглинков, под склонами долин рек, часто по ходам роющих животных. Одним из необходимых условий суффозии является наличие в породе как крупных частиц, образующих неподвижный каркас, так и вымывающихся мелких. Вынос начинается лишь с определенных значений напора воды, ниже которых происходит только фильтрация.



Суффозия может возникать также при искусственном нарушении режима подземного потока в связи с постройкой гидротехнических сооружений. Суффозионные явления в этих случаях могут повлечь серьезные нарушения в эксплуатации сооружений и даже их разрушение. Так, открытый водоотлив из котлованов при сооружении фундаментов часто вызывает такое увеличение скорости движения потока подземных вод, что он приводит к выносу частиц из грунта в основании близ расположенных сооружений и повреждению последних. Вынос минеральных частиц водой, поступающей в грунтовой водозабор, может быть причиной заполнения ими водозабора и выхода его из строя. Вместе с тем явления суффозии, связанные с работой водозаборного колодца, могут привести к образованию естественного фильтра и тем самым улучшить работу колодца.

Суффозионные явления, обусловленных потоком воды, движущимся от верхнего бьефа к нижнему, возможны в теле земляных плотин, возведенных из песчаных, супесчаных и других несвязных грунтов. Оценка суффозионности грунтов, предполагаемых для возведения плотины, как правило, производится опытным путем.

При градиентах падения напора, значительно превышающих критичный водный поток, может наблюдаться полное разрушение структуры грунта, в результате чего частицы грунта переходят во взвешенное состояние, а сам грунт принимает характер текучего тела (пльвун), который является весьма опасным для инженерных сооружений.

Таким образом, строительство на суффозионных грунтах имеет свои трудности и осуществляется по специальным строительным требованиям нормам и правилам. В современных условиях при возведении инженерных объектов используются самые различные приемы строительства:

- прорезка фундаментами зданий слоя суффозионного грунта;
- водозащита оснований от проникновения в них атмосферных и технических вод;
- прекращение фильтрации подземной воды устройством дренажей и водонепроницаемых завес;
- отсыпка на основании грунтовых подушек из песка или суглинков;
- предпостроечное рассоление и уплотнение грунтового основания;
- искусственное закрепление массива грунтов методами технической мелиорации (кроме крупнообломочных грунтов, обладающих высокой фильтрационной способностью).

Выбор того или иного приема строительства зависит от геологического строения и гидрогеологической обстановки строительной площадки, типа и вида грунтов оснований, характера засоления, конструкции объекта и технических возможностей строительной организации.

Таким образом, суффозионные явления отрицательно сказываются на устойчивости зданий и сооружений. С суффозией следует активно бороться. Основой всех противосуффозионных мероприятий является прекращение фильтрации воды. Это достигается различными путями: регулированием поверхностного стока атмосферных вод и гидроизоляцией поверхности земли; перекрытием места выхода подземных вод тампонированием; устройством дренажей для осушения пород или уменьшением скорости фильтрации воды; упрочнением ослабленных суффозией пород методами силикатизации, цементации, глинизации, применением специально выбранных видов фундаментов, например свайных. Активные меры борьбы с просадочностью лессовых грунтов сводятся к химическому их закреплению по методу силикатизации, уплотнению грунтовыми сваями и обжигом проседающих масс.

Учитывая то, что в формировании суффозии ведущую роль играет вымывание, основными средствами по защите территории от суффозии являются различные дренажи.

Дренажи подразделяются на горизонтальные, вертикальные и комбинированные – сочетающие элементы горизонтального и вертикального дренажа. Вертикальный дренаж выполняется в виде скважин с насосно-силовым оборудованием, поглощающих колодцев или водоотдающих колодцев с принудительной откачкой. Вертикальный и горизонтальный дренаж может быть совершенным, когда водоприемная часть скважины или лоток дрены расположен на водоупорном слое и несовершенным, когда не доходит до водоупора. Дренаж, выполненный в виде скважины или группы скважин, в малоэтажном строительстве применяется редко. В основном он применяется для

осушения глубоких приямков (глубокие бассейны в подвале, лифтовые шахты). Поглощающие колодцы применяются в определённых гидрогеологических условиях, когда под водоносным горизонтом находятся сухие грунты с высоким коэффициентом фильтрации, не менее 6–8 м/сутки.

Поглощающие колодцы применяются для разгрузки верхних водоносных горизонтов и верховодки. Водоотдающие колодцы принимают грунтовую воду через донную часть и стенки. Поглощающие и водоотдающие колодцы в сочетании с горизонтальным дренажем образуют комбинированную форму дренажа. Такие конструкции наиболее пригодны для регулирования гидрогеологического режима существующих садово-парковых зон. При проведении мероприятий по водопонижению в подвальных помещениях существующих зданий, практикуют применение неглубоких (0.6–1.0 метра) скважин – приямков. Такие приямки оборудуют насосами с поплавковыми выключателями. Использование таких систем возможно при невысокой требовательности подвальных помещений к уровню комфортности, т.е. допустимости устройства оголовков под приямки, подводки силовых кабелей, напорных трубопроводах для отвода дренажных вод.

Горизонтальный дренаж бывает открытым, в виде дренажных канав и коллекторов, и закрытым, в виде горизонтальных заглублённых трубчатых дрен.

Открытый горизонтальный дренаж применяется в осушении значительных земельных площадей. В основном это дренаж сельскохозяйственного назначения.

Открытый и закрытый дренажные системы имеет 3 основные части:

- регулируемую (собирающую) часть;
- водотводящую часть – открытые или закрытые коллектора;
- водоприёмную часть (открытые проточные русла, ливнесточная сеть, кюветы, водоёмы различного назначения).

Использование водоприёмников согласовывается с коммунальными службами или органами Минприроды в соответствии с Водным кодексом и другими нормативными актами. Открытые регулирующие каналы, расположенные в верхней части рельефа могут сочетать функции сбора грунтовых вод (ловчие каналы) с функцией перехвата поверхностных вод (нагорные каналы). В этом случае необходимо производить сложный комбинированный расчёт на приток грунтовых вод (гидрогеологическая составляющая), приток поверхностных вод (гидрологическая составляющая) и гидравлический расчёт на пропускную способность водоотводящей каналы.

Закрытый горизонтальный дренаж наиболее распространён в промышленно-гражданском строительстве и в малоэтажной загородной застройке.

Рассмотрим типы закрытого горизонтального дренажа и их назначение.

Пристенный (профилактический) дренаж. Применяется в глинах и суглинистых грунтах независимо от степени их водонасыщенности в целях исключения пучинистости и возможности формирования верховодки в пазухах котлована. Конструкция дренажа определяется характеристикой грунта – чем мельче фракционный состав, тем больше переходных слоёв. Допускается заглубление лотка дрены под подошву фундамента с соблюдением внутреннего угла трения грунта и технологического отступления откоса от края фундамента – уширения. При защите подвальных помещений используемых под рекреационные цели, винные погреба, архивы или хранение других дорогостоящих предметов или оборудования, можно рекомендовать дополнительные защитные мероприятия: фильтрующие шторы и глиняный замок. Глиняный замок может быть заменён на полимерные рулонные или панельные дренажные конструкции, укладываемые на стеновые блоки и сопрягаемые с дренажем. При проектировании пристенного дренажа гидрогеологических и гидравлических расчётов не производят.

Сопутствующий дренаж является разновидностью профилактического дренажа и служит защитой от тех же негативных последствий, что и пристенный. Основной особенностью сопутствующего дренажа является его функция защищать протяжённые объекты: тонне ли, коммуникационные каналы.

Систематический дренаж устраивается для защиты территорий дачных, коттеджных посёлков, фермерских хозяйств и рекреационных зон – парков, садов. В зоне влияния данного дренажа должны находиться объекты с одинаковыми требованиями к уровню залегания грунтовых вод. Эти требования должны удовлетворять как уровню

заглубления подземные сооружений, так и соответствовать дендрологическим нормам. Отметку заложения пониженного уровня грунтовых вод определяют гидрогеологическим расчётом.

В случае использования принудительного сброса, выполняется полный гидрогеологический расчёт с определения объёма притока к дренажной системе. Для определения диаметра дрен выполняются гидравлические расчёты. Этот тип дренажа, как правило, коллективного пользования и выполняется в рамках инженерной подготовки строительства значительных территорий [Дашков, 1990].

Кольцевой дренаж наиболее распространён в лёгких суглинках, супесях, песках для защиты подвальных помещений от грунтовых вод. Является одним из основных типов дренажа в условиях установившегося режима грунтовых вод. Принципиальное отличие от пристенного дренажа – это формирование устойчивой депрессионной воронки, обеспечивающей нормативный разрыв верхней части депрессионной кривой от уровня пола защищаемого сооружения. Разрыв отметок между подошвой фундамента и лотком трубы в кольцевом дренаже значителен и определяется гидрогеологическим расчётом, также как и приток. Поэтому и расстояние в горизонтале от подошвы фундамента до оси дрены может достигать от 2-х до 8 и более метров и удовлетворять двум основным требованиям:

- обеспечивать устойчивость грунтов основания под фундаментами в соответствии с вышеуказанным углом внутреннего трения и величины отступа от фундамента.
- исключить суффозионный процесс выноса фракций грунта из под подошвы фундамента путём тщательного подбора фильтра с применением противосуффозионных обёртывающих материалов (не путать с нетканым материалами, кольматирующимися глиняными частицами) или использовать конструкцию с глиняным замком со стороны подошвы фундамента и нижнему контуру фильтра.

Надо иметь в виду, что при прогнозируемом притоке грунтового потока внутри контура дренажа, использовать глиняный замок нецелесообразно, т.к. может уменьшить водозахватывающую способность контура дренажа.

Применение противосуффозионных рулонных материалов осуществляют по разделительному контуру: «щебень – крупнозернистый песок» или «крупнозернистый песок – песок с коэффициентом не 5 м/сутки». В этом случае, даже если произойдет кольматация, ущерб от неё будет минимален.

Пластовый дренаж является наиболее эффективным типом дренажа в условиях сложной гидрогеологии (слоистое строение водоносных) и повышенных требований к эксплуатационной надёжности дренажных систем. Из всех горизонтальных дренажных систем пластовый дренаж рекомендован для применения в напорных грунтовых водах. Существенной особенностью пластового дренажа является взаимная зависимость конструкций фундамента и дренажа. Фундамент в этом случае выполняется в виде фундаментной бетонной плиты. Технология устройства монолитной фундаментной плиты должна исключать проникновение цементного молока в фильтрующий пласт.

В связи со значительным притоком в пластовый дренаж, выполняется гидрогеологический расчёт по определению расхода дренажных вод.

Головной (перехватывающий) дренаж применяется при доминирующем притоке грунтовых вод со стороны открытых водотоков или масштабных инфильтрационных зон, допустим, полей фильтрации. В недалёком прошлом такую систему дренажа называли «береговой». Основной задачей при проектировании головного дренажа является выбор оптимального расстояния от уреза прилегающего водохранилища, реки до трассы дрены при установлении глубины заложения дренажной трубы. Головной дренаж оснащается принудительным водосбросом, что делает гидрогеологический расчёт на приток обязательным.

Кротовый дренаж обычно используется при предварительном осушении крупных участков. Выполняется путём протаскивания через массив водоносного слоя нескольких сигарообразных «снарядов». При этом формируются цилиндрические полости, по которым происходит сбор и отвод дренажных вод под влиянием геодезического или гидравлического уклона. Нарезанная сеть кротового дренажа собирается коллекторами для самотечного или принудительного сброса. Несмотря на ряд явных преимуществ (отсутствие дополнительных материальных затрат, сокращённые сроки строительства)

есть и существенные недостатки. Кротовый дренаж имеет ограниченный срок службы, зависящий от типа грунтов в которых проходит. Залуженные стенки кротовой дрены образуют плохо фильтрующий кольцевой уплотнённый контур. В последнее время при строительстве кротового дренажа проводят дополнительные мероприятия по укреплению стенок дрены и созданию устойчивых полостей дрены, в частности, наполнением её фракционной, фильтрующей смесью.

Последние годы получают распространение дренажные системы в виде листовых и рулонных дренажных пластмассовых систем с выступами для создания полостей для отвода дренажных вод. В комплексе с неткаными и текстильными фильтрующими материалами дренажные системы могут применяться, как для полостей примыкающих к внутренней поверхности защищаемых стен, так и для изоляции и дренирования наружной поверхности подземных конструкций. В последнем случае происходит дренирование грунтовых слоёв непосредственно примыкающие к конструкциям подземных сооружений с внешней стороны.

Практика устройства внутреннего дренажа стало следствием преобладания объёмов реконструкций объектов, связанных с водоотведением над плановым (первоначальным) строительством дренажных систем. Выполнение работ с вскрытием пазуха котлована, в отличие от внутреннего дренажа связано с дополнительными затратами на выполнение земляных работ, приобретение традиционных дренажных материалов, восстановление отмостки и прилегающих ландшафтных элементов. Однако внутренний дренаж не гарантирует необходимого влажностного режима помещений и не допускает прочих монтажных работ на стенах подвала.

В откосах строительных выемок суффозионный вынос частиц приводит к оседанию поверхности, образованию провалов, воронок, оползней. Например, в районе Волгограда многие оползни связаны с суффозионным выносом песка грунтовыми водами. На орошаемых землях дельты Терека и Сулака (Прикаспий) за счет инфильтрации воды и перепада ее скоростей на границе супесчано-суглинистых отложений с озерно-аллювиальными трещиноватыми глинами образуются крупные провалы, разрушается оросительная сеть, магистральный канал.

Химическая суффозия может проходить длительное время и выщелачивает не только карбонаты и другие, сравнительно легко растворимые вещества, но и кремнезем. При значительном растворении пород химическая суффозия переходит в карстовый процесс.

При проектировании объектов необходимо установить возможность проявления суффозионной осадки, определять величину и характер протекания суффозионной осадки. При этом следует определять всю суммарную величину вертикальной деформации засоленного основания, которая складывается из осадки, вызванной уплотнением грунтов от нагрузки объектов и суффозионной осадки.

При прогнозе величины суффозионной осадки следует учитывать:

- в глинистых грунтах с содержанием глинистых частиц более 40% осадка практически не проявляется;
- наибольшая просадка грунтов наблюдается при их высокой засоленности и большой пористости;
- величина и характер протекания осадки во времени во многом зависят от химического состава фильтрующейся в грунте воды.

Величина суффозионной осадки определяется по результатам полевых испытаний засоленных грунтов статической нагрузкой (штампом) после длительного замачивания.

Анализ природных факторов Белгородской области, география распространения суглинистых, песчаных, лессовых и флювиогляциальных отложений позволили выделить участки с разной степенью интенсивности проявления суффозионно-просадочных процессов (рис. 3).

1. Район с наиболее интенсивным проявлением суффозионно-просадочных процессов, охватывает поймы рек и первую и вторую надпойменные террасы рек в восточной и северо-восточной части области. Здесь широкому развитию суффозионных процессов способствуют распространение рыхлых древнеледниковых, лессовых и

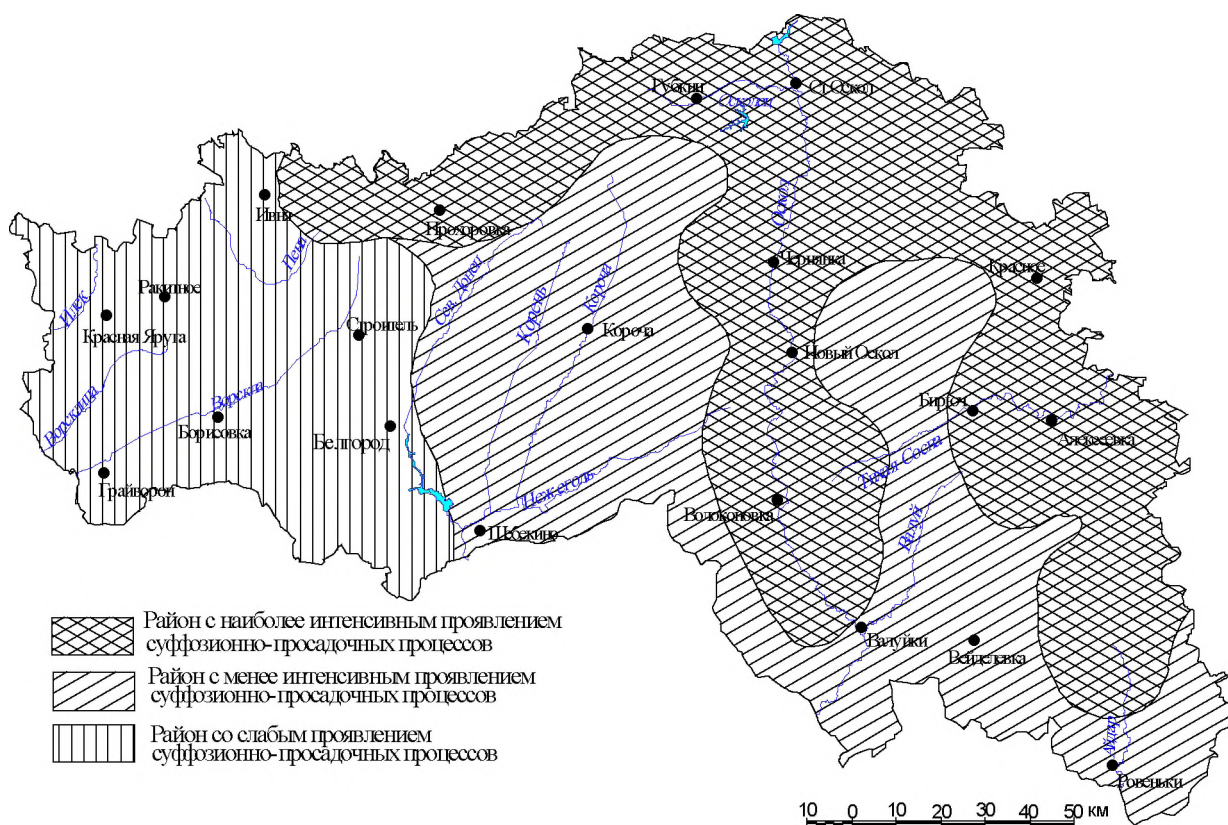


Рис. 3. Карта-схема районирования современных суффозионно-просадочных процессов на территории Белгородской области

Fig. 3. Schematic map of zoning modern suffusion-subsidence processes in the Belgorod region

песчано-глинистых отложений. Периодически наблюдаются длительные дождевые осадки, которые хорошо промачивают поверхностные грунты и осуществляют вынос мелкодисперсных частиц. Этому способствует также отдельные слабозадернованные участки, которые позволяют хорошо впитывать влагу. На поймах и речных террасах широкое развитие получили суффозионные блюдца, западины, диаметром 50–250 метров и глубиной 1–3 м. В более древних западинах особенно образованных на флювиогляциальных отложениях произрастает тростник, рогоз и ивовый кустарник.

2. Район с менее интенсивным проявлением суффозионно-просадочных процессов характеризуется несколько меньшим количеством (на 50%) распространения суффозионно-просадочных форм рельефа, охватывает южную и центральную часть области. В основном суффозионные западины и блюдца распространены вдоль долин рек и в отдельных случаях на плакорных пространствах. Здесь более часто встречаются воронки проседания, образующиеся в результате наличия контакта размываемых пород с породами, обладающими высокой поровой проницаемостью. В большей части их распространение приурочено к песчано-глинистым и лессовидным отложениям.

3. Район со слабым проявлением суффозионно-просадочных процессов находится в западной и юго-западной части области. Здесь преобладают практически горизонтальные междуречные равнины, сложенные переотложенными четвертичными отложениями, подстилаемыми суглинками, супесями и песками с серыми лесными почвами и оподзоленными черноземами, с островными дубравами и культурной растительностью на месте луговых степей. Их окружают расчлененные денудационные лессовые равнины, подстилаемые песками и глинами палеогена с участием песчаников по долинам малых рек и балок. В этом районе в условиях хорошо задернованных склонов, мощных слоев отложений глины, слабой пористости пород суффозионные формы рельефа встречаются значительно реже и диаметры замкнутых понижений (блюдца, воронки, впадины) диаметром не более 20–50 м и глубиной 0.5–1.0 м. Порою на площадях 10 км² не встречается ни одной формы суффозионно-просадочного рельефа.

Выводы

1. Суффозия развивается в результате механического выноса мелких частиц из пор, трещин, полостей пород фильтрационным потоком подземных вод. Активизация выносов наблюдается в период подъема уровня подземных вод во время паводков.

2. На территории Белгородской области суффозионно-просадочные процессы развиты в основном на поверхности междуречий. В толщах лессовидных суглинков и супесчаных отложений они представлены в виде замкнутых понижений (блюдца, воронки, впадины различных размеров).

3. Наиболее интенсивно суффозионные процессы проявляются на песчано-суглинистых отложениях пойм рек, надпойменных террасах на северо-востоке области и на древних флювиогляциальных отложениях.

4. В результате суффозионно-просадочных процессов образуются различные овалы понижений, которые ухудшают условия обработки почв и их плодородие. Отдельные участки заболачиваются, в старых западинах произрастает тростник, рогоз и ивняк.

5. Там, где распространены мел, мергель, суффозионные западины имеют водоупорный горизонт и поэтому их нужно ликвидировать способом «раскрытия» путем нарезания ложбин стока. Большинство западин просадочно-суффозионного и палеокриогенно-просадочно-суффозионного происхождения имеют мощное водонепроницаемое «тело оглеения», поэтому даже устройство вертикального дренажа не всегда дает ожидаемого эффекта. Ликвидировать их необходимо путем создания ложбин стока. Болотные и озерные западины нужно переоборудовать в пруды-копани; лесные и кустарниковые целесообразно использовать для создания лесопитомников, ягодников и т.д. По нашим подсчетам в хозяйствах области за счет ликвидации западин можно окультурить от 0.1 до 2% новых земель.

6. С целью предотвращения разрушительных действий суффозионно-просадочных процессов на различные сооружения необходимо своевременно проводить комплекс инженерно-защитных мероприятий, и особое внимание необходимо уделять работам по водоотведению, не допускать замачивание грунтов, особенно под фундаментами зданий.

7. Основными противосуффозионными мероприятиями являются регулирование поверхностного стока атмосферных вод, уменьшение скорости фильтрации вод, укрепление грунтов сваями, цементация, глинизация, силикатизация просадочных пород и др.

8. Анализ природных факторов, география распространения различных типов грунтов позволили на территории области выделить три района, отличающиеся друг от друга степенью интенсивности проявления суффозионных процессов. Наиболее интенсивно суффозия проявляется в северо-восточной части области на песчано-глинистых и древних флювиогляциальных отложениях. Здесь на каждом км² встречается по 2–3 различных суффозионных форм рельефа.

Список литературы

References

1. Дашков Ю.Г. 1990. Ландшафтная структура западинных комплексов среднерусской лесостепи и ополей Центральной России. Автореф. дис. ...канд. геогр. наук. Киев, 23.

Dashkov Y.G. 1990. Landshaftnaja struktura zapadinnyh kompleksov srednerusskoj lesostepi i opolij Central'noj Rossii [Landscape structure zapadinnyh complexes of Central Russian forest-steppe and Opolje Central Russia]. Abstract. dis. ... cand. geogr. sciences. Kiev, 23. (in Russian)

2. Корнилов А.Г., Петин А.Н., Дроздова Е.А. 2014. Геоморфологические и эколого-экономические аспекты рекультивации отвалов вскрышных пород горнодобывающих предприятий региона КМА. Горный журнал, (8): 74–78.

Kornilov A.G., Petin A.N., Drozdova E.A. 2014. The geomorphological and ecological and economic aspects of the remediation of of dumps overburden rock mining enterprises region KMA. Gornyj zhurnal [Mining Journal], (8): 74–78. (in Russian)

3. Корнилов А.Г., Петин А.Н., Сергеев С.В., Погорелов Ю.С., Тохтарь В.К., Присный А.В., Мартынова Н.А., Дроздова Е.А. 2013. Геоэкологические проблемы оптимизации и биорекультивации отвалов вскрышных пород железорудных месторождений КМА. Белгород, ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 124.

Kornilov A.G., Petin A.N., Sergeev S.V., Pogorelov Y.S., Tokhtar V.K., Prisyjnyj A.V., Martynova N.A., Drozdova E.A. 2013. Geojekologicheskie problemy optimizacii i biorekul'tivacii otvalov vskryshnyh

porod zhelezorudnyh mestorozhdenij KMA [Geoenvironmental problems and optimize bioremediation overburden dumps of iron ore deposits KMA]. Belgorod, ID «Belgorod» NIU «BelGU», 124. (in Russian)

4. Петин А.Н. 2005. Экзогенные геологические процессы. В кн.: Атлас Белгородской области. Природные ресурсы и экологическое состояние. Белгород: 32–33.

Petin A.N. 2005. Exogenous geological processes. In: Atlas Belgorodskoj oblasti. Prirodnye resursy i jekologicheskoe sostojanie [Atlas of the Belgorod region. Natural resources and ecological status]. Belgorod, 32–33. (in Russian)

5. Петин А.Н. 2013. Экзогенные процессы рельефообразования равнинных территорий (на примере Белгородской области). Белгород, КОНСТАНТА, 148.

Petin A.N. 2013. Jekzogennye processy rel'efoobrazovanija ravninnyh territorij (na primere Belgorodskoj oblasti) [Exogenic processes of relief formation lowland areas (for example, the Belgorod region)]. Belgorod, KONSTANTA, 148. (in Russian)

6. Хрисанов В.А. 2000. Использование результатов геоморфологических исследований при геоэкологической оценке территории ЦЧО и сопредельных районов. В кн.: Проблемы экологической геоморфологии. Белгород, Изд-во БелГУ: 76–77.

Hrisanov V.A. 2000. Using the results of geomorphological studies with geo-ecological assessment of the territory of Central Black Earth region and adjacent areas. In: Problemy jekologicheskoy geomorfologii [Problems of ecological geomorphology]. Belgorod, izd-vo BelGU: 76–77. (in Russian)

7. Хрисанов В.А., Бахаева Е.А. 2011. Современные геоморфологические процессы на территории Белгородской области и их антропогенная активизация. Научные ведомости БелГУ. Естественные науки, 16 (15): 209–215.

Hrisanov V.A., Bahaeva E.A. 2011. Modern geomorphological processes in the Belgorod region and activation of anthropogenic. Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 16 (15): 209–215. (in Russian)

8. Хрисанов В.А., Колмыков С.Н. 2015. Современное оврагообразование как мощный фактор уничтожения плодородных земель Белгородской области. Научные ведомости БелГУ. Естественные науки, 33 (21): 106–113.

Hrisanov V.A., Kolmykov S.N. 2015. Modern gullying as a powerful factor of destruction of fertile land Belgorod region. Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 33 (21): 106–113. (in Russian)

9. Хрисанов В.А., Колмыков С.Н., Манышев В.В. 2016. Развитие и распространение карстовых процессов и их районирование и инженерно-геоморфологическая оценка на территории Белгородской области. Научные ведомости БелГУ. Естественные науки, 34 (4): 130–137.

Hrisanov V.A., Kolmykov S.N., Manyshch V.V. 2016. Development and distribution of karst processes and their zoning, engineering and geomorphological assessment of the Belgorod region. Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 34 (4): 130–137. (in Russian)

10. Хрисанов В.А., Михайликов В.Л. 2012. О мерах по обеспечению экологической безопасности Белгородской области. Проблемы правоохранительной деятельности. Международный научно-теоретический журнал, (1): 38–44.

Hrisanov V.A., Mihajlikov V.L. 2012. On measures to ensure environmental safety of the Belgorod region. Problemy pravoohranitel'noj dejatel'nosti. Mezhdunarodnyj nauchno-teoreticheskij zhurnal [Problems of law enforcement. International scientific and theoretical Journal], (1): 38–44. (in Russian)