

Задание на 3.12.20

Глава 5. СУФФОЗИЯ

5.1. Общие понятие о процессе суффозии, условия развития

Суффозия может быть химической и механической (рис. 21). Химическая суффозия является результатом растворения и выноса воднорастворимых солей из горных пород подземными водами, что сближает ее с карстовыми процессами.

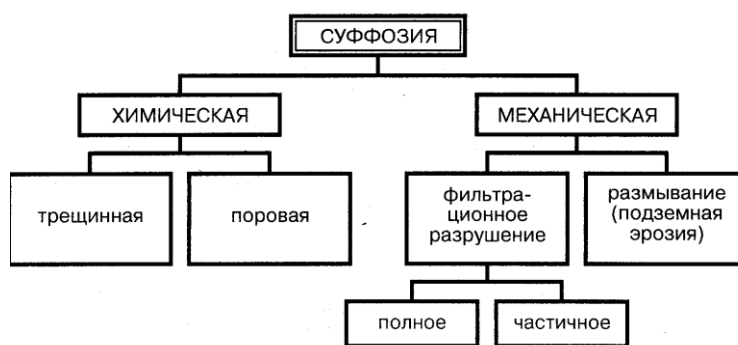


Рис. 21. Схема видов суффозии [14]

В строительной и горной практике химическую суффозию рассматривают и изучают как карст в средне- и легкорастворимых породах (гипсах, ангидритах, хлоридах), а механическую – как собственно суффозию. Термин «механическая суффозия» применяют к процессу механического выноса фильтрационным потоком мелких нерастворимых минеральных частиц из неоднородных песков.

Для такого выноса необходимо свободное пространство, где откладывается выносимый материал: естественное или искусственное обнажение песков (природный склон или техногенный откос) карстовая полость или подземная выработка, более пористый песок или трещиноватый массив. Обычно суффозия наблюдается на склонах и откосах, когда они дренируют пески, содержащие подземные воды. В результате длительного

развития суффозионного процесса происходит разрыхление песчаного слоя у самого выхода фильтрационного потока на склон, там, где гидравлический градиент характеризуется высокими значениями. В результате этого может происходить обрушение вышележащих пород (рис. 22)

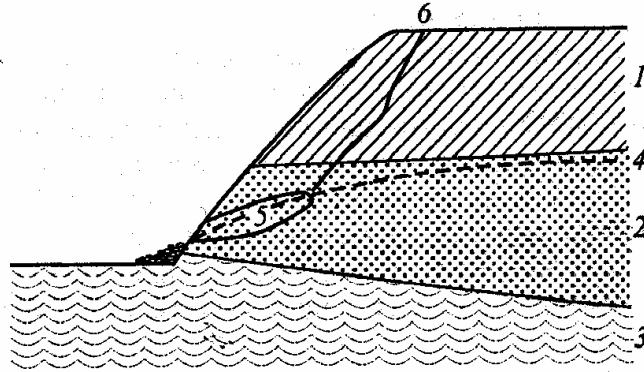


Рис. 22. Склон, в котором развивается механическая суффозия
 1 – лессовидный суглинок; 2 – водоносный разнородный песок; 3 – глина ; 4 – уровень грунтовых вод; 5 – участок развития суффозионного выноса; 6 – трещина закола будущего обрушения (оползня)

Для возникновения и развития механической суффозии необходима обстановка, характеризующаяся тремя условиями: наличием водоносного песка, фильтрационного потока в нем и среды, в которой может аккумулироваться выносимая водой мелкозернистая песчаная масса. В качестве определяющих факторов суффозии выступают, с одной стороны, энергия водного фильтрационного потока, зависящая от его скорости согласно закону Дарси $V=k \cdot I$ (где k – коэффициент фильтрации, I – гидравлический градиент), а с другой – сопротивление мелких частиц песка, находящихся в поровом пространстве между более крупными зернами, т.е. степень неоднородности водоносного песчаного грунта $K_n = d_{60}/d_{10}$ (где d_{60} и d_{10} – соответственно контрольный и эффективный диаметры песчаных зерен). Таким образом, в условиях предельного равновесия величина энергии фильтрационного потока $\mathcal{E}_f = f(k, I)$ будет равна величине сопротивления $\Psi(k, K_n)$. Суффозия начинается при отношении для одного и того же песка $\mathcal{E}_f/\Psi > 1$. По данным лабораторных исследований с разными песками В.С. Истомина построила кривую зависимость в координатах $J-K_n$,

разграничивающую опасную область, где суффозия возможна, от области безопасной, где она происходить не будет (рис. 23).

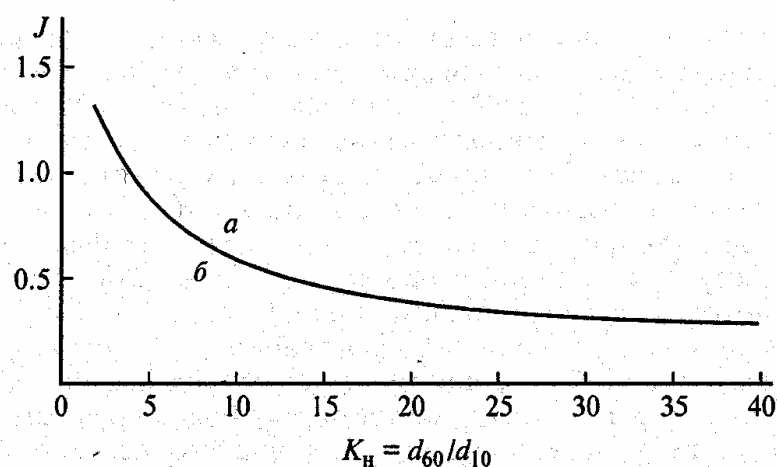


Рис. 23. График зависимости $J=f(K_n)$, по В. С. Истоминой
а – опасная зона, б – безопасная зона.

Разрушающий градиент при восходящем потоке по исследованиям В.С. Истоминой составляет

$$J_p = 4.5 \left(\frac{d_{pz}}{d_n} \right) \quad (35)$$

$$\begin{aligned} \text{при этом } d_{pz} &= \frac{1.9\sqrt{\gamma_6}}{\sqrt{\rho_m - \gamma_6}} \cdot \sqrt{V_p \cdot \gamma_6}; & V_p &= \frac{V_p'}{n}; \\ n' &= \left(1 - 0.114 \frac{1-n}{n} \right); & d_n &= 3.1 \cdot \frac{\sqrt{K_\phi \cdot \nu \cdot \gamma_6}}{n}, \end{aligned} \quad (36)$$

где d_{pz} – расчетный диаметр зерен песка, мм;

d_n – средний диаметр пор в породе, мм;

ρ_m – плотность минеральных частиц, г/см³;

γ_6 – удельный вес воды, г/см³;

V_p – разрушающая скорость фильтрации в порах породы, см/с;

V_p' – разрушающая скорость фильтрации, определяемая опытным путем, см/с; n' – действительная пористость породы;

n – объем пор;

K_ϕ – коэффициент фильтрации породы, см/с;

ν – динамический коэффициент вязкости, см²/с.

Для песков разной зернистости И.Ф. Володько определил опытным путем критические скорости и критические градиенты (табл. 15)

Таблица 15

Критические скорости и критические градиенты фильтрации для песков разной зернистости (по И. Ф. Володько)

Диаметр зерен, мм	Критическая скорость фильтрации, м/сут	Критический градиент
0.57	800	6,67
0.90	530	1,63
1.35	300	0,54

Анализ зависимостей дает возможность сделать следующие выводы:

а) суффозия может возникнуть при градиенте $J \leq 0.5$ только в песках с неоднородностью $K_n \geq 10$; б) наиболее опасными являются значения гидравлического градиента $J > 1.0$, при которых суффозия может возникнуть и в однородных песках при $K_n < 2-3$; в) суффозия практически не возникает при градиенте $J < 0,2-0,3$.

По результатам наблюдений установлено, что суффозия возникает при гидравлическом градиенте $J > 1,0$ в очень неоднородных песках, у которых $K_n > 20$. Такая ситуация чаще всего реализуется в земляных плотинах и в основании подпорных сооружений, где наблюдаются высокие значения гидравлических градиентов (0,5-1,0). В практике строительства гидротехнических сооружений используют формулы К. Терцаги (37)

$$J_{кр} = (\rho_m - 1) \cdot (1 - n) \quad (37)$$

и Е.А. Замарина

$$J_{кр} = (\rho_m - 1) \cdot (1 - n) + 0.5n, \quad (38)$$

где ρ_m – плотность минеральных зерен песка (для кварцевых песков 2,65 г/см³);

n – пористость песка.

Если принять пористость песка $n = 0,42$, то $J_{кр} = 0,95$ (по К. Терцаги) и 1.16 (по Е.А. Замарину).

Возможность развития суффозионного выноса из одного слоя песка с диаметром частиц d_{60} в соседний слой песка с диаметром частиц D_{60} , оценивается через критическую скорость воды $V_{кр}$ (в см/с) по эмпирической формуле Л.И. Козловой (39)

$$V_{кр} = 0,26 \frac{r}{d_{60}} \left[1 + 1000 \frac{d_{60}^2}{D_{60}^2} \right] \quad (39)$$

Высокие гидравлические градиенты создаются вокруг скважин, из которых долго и при больших понижениях ведется откачка подземных вод. В результате возникает суффозионный вынос мелких минеральных частиц, часть которых выносится вместе с водой на поверхность, а часть оседает на фильтрах, колюматрирует их и тем самым выводит водозаборные сооружения из эксплуатации. За первый год эксплуатации Московского метрополитена было поднято при откачках вместе с водой около 6 тыс. м³ такого песка.

На первых этапах строительства искусственных сооружений на них формируются депрессионные кривые с большими (>1,0) градиентами, вызывающими суффозионный вынос, который приводит к видимому визуальному разрыхлению песков на глубину в массив не более 1,5-2,0 м.

На откосах более длительного срока службы устанавливаются дренажно-пригрузочные устройства (рис. 24), в результате которых формируются устойчивые, безопасные градиенты, не превышающие 0,4-0,5.

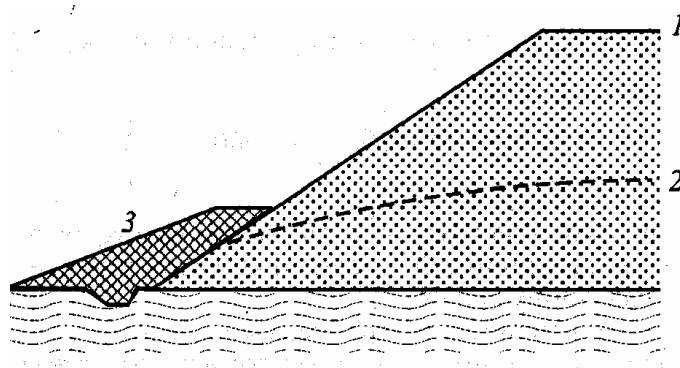


Рис. 24. Схема дренажно-пригрузочного устройства на откосе, подверженном суффозионному процессу
 1 – искусственный откос, 2 – уровень грунтовых вод, 3 – дренажно-пригрузочная призма.

Вынос рыхлого материала, заполнителя трещин в твердых скальных

породах, происходит при заполнении водохранилищ или при водных прорывах в подземные горные выработки. Наблюдения в котлованах показали, что вынос рыхлого заполнителя происходит при градиентах $J > 2$.

5.2. Фильтрационный выпор

Выход фильтрационного потока в основание гидротехнических сооружений или на откосную поверхность при относительно высоких градиентах (>1) вызывает деформацию и вынос всего грунта в виде выпора [11]. Уравнение равновесия сил, действующих на объем песка, находящегося на поверхности затопленного откоса, имеет вид

$$(G_n - F_{en} - \Phi) \cdot g \cdot \rho = G_t - F_{et}, \quad (40)$$

где G - сила веса;

F - сила взвешивания;

Φ - гидродинамическое давление, направленное по нормали к откосной поверхности и вызывающее выпор песка;

φ - угол внутреннего трения песка;

n и τ указывают соответственно на нормальные и касательные составляющие сил.

Для единичного объема грунта $|G - F| = \gamma_e$, а $|\Phi| = \gamma_o J$, поэтому уравнение примет вид

$$(\gamma_e \cdot \cos \alpha - \gamma_o J) \cdot \operatorname{tg} \varphi = \gamma_e \cdot \sin \beta, \quad (41)$$

где α - предельный угол устойчивого на выпор откоса; J - градиент потока; γ_o - удельный вес воды; γ_e - удельный вес взвешиваемого грунта

5.3. Плывуны

Термином «плывун» обозначают быстрое перемещение водонасыщенных рыхлых песчано-глинистых пород при вскрытии

строительными и горными выработками [17]. Переход водонасыщенных рыхлых отложений в пльвуны предполагает их вскрытие, в результате которого происходит формирование фильтрационного потока с местным градиентом. Последнее формируется за счет перепада давления поровой воды в напорном водоносном горизонте до вскрытия и до нуля в момент и в месте вскрытия (рис. 25) и от h_1 и h_2 в безнапорных песках [11]. В первом случае гидравлический градиент оказывается очень большим, так как $\Delta H = H - 0$ является значительной величиной, а длина пути фильтрации в диапазоне ΔH незначительной, стремящейся к нулю.

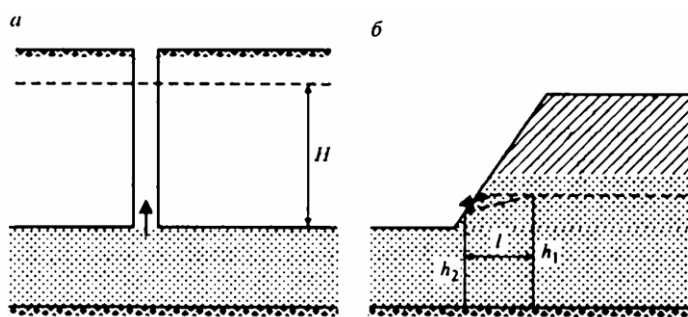


Рис. 25. Схема формирования гидродинамического давления в водоносных песках при их вскрытии в условиях напорного (а) и безнапорного (б) водоносных горизонтов.

H – напор воды в естественных условиях; h_1 и h_2 - высота водного столба до и после вскрытия песков. Стрелками показано направление движения пльвуна.

В этих условиях переход песков в пльвун происходит с большой скоростью, а высота пробки в скважине достигает величины порядка H . При вскрытии котлованом или скважиной безнапорного водоносного горизонта, сложенного такими же по составу и пористости песками, что и в первом случае, величина, формирующегося гидравлического градиента $\frac{h_1 - h_2}{l}$ почти всегда меньше единицы. Поэтому интенсивность и масштабы перехода песка в пльвун являются несравнимо меньшими.

В статическом состоянии полное напряжение, возникающее от веса вышележащих толщ σ_z является суммой двух напряжений: эффективного σ_{ef} , передающегося через контакты минеральных частиц и порового давления u ,

возникающего в поровой воде водоносного песка, т.е. $\sigma_z = \sigma_{ef} + u$. До вскрытия $u = \gamma_e(H+z)$, а в момент вскрытия на забое скважины формируется гидродинамическое давление в порах песка

$$u_{z0} = \gamma_e \cdot J = \gamma_e \cdot H/z > u, \quad (42)$$

где z – глубина рассматриваемой точки от верхней границы песчаного слоя. В этот же момент на забое скважины $\sigma_z = \gamma \cdot z$, а следовательно, $\sigma_{ef} = \sigma_z - u$ окажется равным нулю или отрицательной величиной, что приведет к потере трения на контактах частиц песка и к переходу песчаного массива в текучее состояние, т.е. в пловун. Вспомним, что в мелких и тонких песках

$$\begin{aligned} \tau &= (\sigma - u) \cdot \operatorname{tg} \rho \\ \tau &= 0 \quad \text{при} \quad \sigma = u. \end{aligned}$$

Чем мельче минеральные частицы, тем при меньших значениях гидродинамического давления формируются пловуны.

По наблюдениям В.В. Радиной (1972), микроорганизмы, живущие в порах песков выпускают пузырьки газа, которые создают избыточное давление в жидкой фазе, способствующее подвижности песков.

Для борьбы с пловунами используют следующие мероприятия:

1. При мощности до 2 м – удаление;
2. Уширение фундаментов с применением методов технической мелиорации грунтов;
3. Проходка пловунов сваями-стойками;
4. Осушение или замораживание.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные факторы развития суффозии.
2. Каковы механизмы формирования суффозионных воронок и других форм рельефа?

3. При каких значения гидравлического градиента и коэффициента неоднородности песков возможно развитие процесса.
4. Какие показатели используются для прогнозирования суффозии?
5. Назовите мероприятия по борьбе с суффозией.
6. Чем обусловлено широкое развитие суффозионных явлений на территории г. Чита?
7. Что такое фильтрационный выпор?
8. При каких условиях могут образовываться пльвуны и как с ними бороться?

Рекомендуемая литература

1. Бондарик Г.К. Инженерная геодинамика / Г.К. Бондарик, В.В. Пендин, Л.А. Ярг. – Москва: КДУ, 2007. – 440 с.
2. Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии / Г.К. Бондарик. – Москва: Недра, 1981. – 256 с.
3. Золотарев Г.С. Инженерная геодинамика / Г.С. Золотарев. - Москва: МГУ, 1983. – 328 с.
4. Иванов И.П. Инженерная геодинамика / И.П. Иванов, Ю.Б. Тржцинский. – Санкт-Петербург: Наука, 2001. – 416 с.
5. Портнова В.П. Инженерно-геологические условия Центрального и Восточного Забайкалья / В.П. Портнова. – Москва: Недра, 1976. – 232 с.
6. Савренский Ф.П. Инженерная геология / Ф.П. Савренский. – Москва: ОНТИ, 1939. – 488 с.

Глава 6. Болота и заболоченные земли, подтопление территории

6.1. Болота и заболоченные земли

6.1.1 Определение и общая характеристика болот и торфа

Участки земной поверхности, на которых в течение большей части года наблюдается избыточное увлажнение верхних горизонтов почв и грунтов, называют заболоченными. Участки, где в результате заболачивания происходит накопление растительных остатков и образование торфа называют болотами. Органический грунт, образовавшийся в результате естественного отмирания и неполного разложения болотных растений в условиях повышенной влажности при недостатке кислорода и содержащий 50 % (по массе) и более органических веществ называется торфом (ГОСТ 25100-95).

Заболачивание – начальная фаза развития болот. Мощность торфа в болотах в подсушенном состоянии 30 см, в сухом 20 см. Болота с мощностью торфа более 6 м - торфяники.

Заболоченные земли и болота занимают до 10 % территории СНГ, главным образом в зоне лесов, где количество осадков превышает их испарение. Наибольшее распространение – в европейской части России, заболоченность здесь достигает 40 %. Наиболее благоприятные условия для образования болот – влажный климат, равнинный рельеф и близкое залегание к поверхности подземных вод.

К основным типам болот относятся:

1. Верховые болота (моховые) – располагаются обычно на водоразделах. Питание их происходит за счет атмосферных осадков, а главным торфообразователем являются *олиготрофные растения* (нетребовательные к зольным элементам) и, первую очередь, белый сфагновый мох. В составе болотных отложений всегда отмечается небольшое содержание примесей терригенного материала и торф таких болот малозольный (1,5-4 %). Сфагновые мхи, нарастая, способствуют образованию торфа мощностью до 6 м в центре болот и меньше по их периферии – выпуклая форма.

2. Переходные болота. На пологих склонах также вследствие избыточного увлажнения могут образовываться болота, которые обычно

относятся к переходным. Образование торфа здесь происходит за счет разложения *мезотрофных растений* (умеренного минерального питания): мхов, травяной и кустарниковой растительности. Повсеместно содержание минеральных примесей. Торф обладает средней зольностью.

3. *Низинные (луговые)*, расположены в понижениях рельефа и характеризуются плоской или выгнутой поверхностью. Торфяники, образованные из *эвтотрофной растительности*, требовательной к минеральным элементам (осоки, хвощи, зеленый мхи, ольха, береза), обладают большой зольностью и малой калорийностью. Питание – поверхностные, речные, морские или грунтовые воды. В воде отмечается недостаток кислорода, а отмирающая растительность подвергается лишь слабому разложению. Это болота приморских низин – лесные болота, характеризующиеся медленным процессом гниения клетчатки, протекающий без доступа воздуха, (гумификация), характерный признак – слоистость. Зольность повышенная или высокая. Отложения: болотная известь, болотные руды, вивианит.

Образование болот может происходить и при зарастании водоемов (рис. 26).

Органические илы под влиянием диагенеза могут образовывать сапропель, состоящий из планктона, водорослей и цветных растений.

Минеральные илы формируются из привнесенного терригенного песчаного и глинистого материала. Слабая аэрация болотных отложений и восстановительная среда зачастую способствуют накоплению сидерита, пирита и т.д.

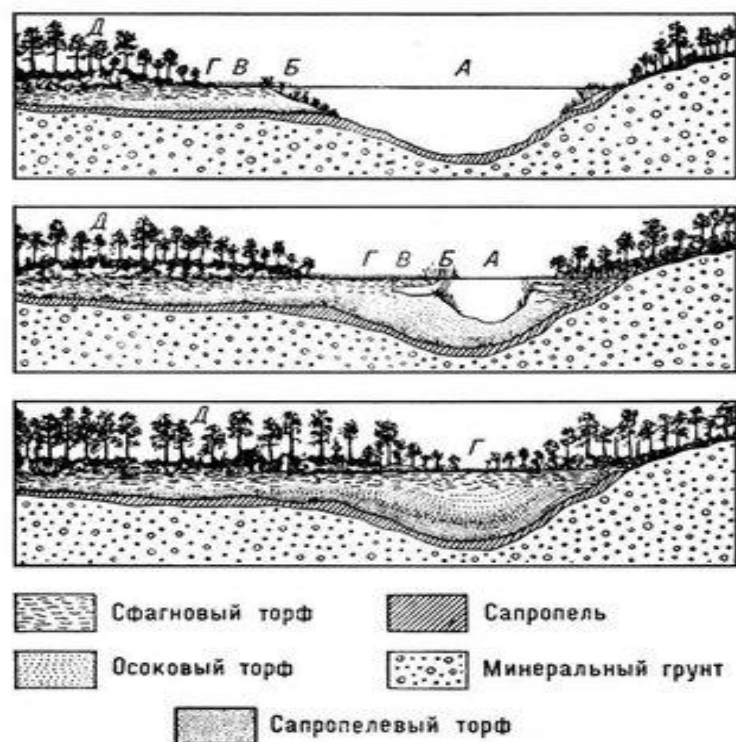


Рис. 26. Стадии заболачивания водоёма: А — открытое водное пространство; Б — прибрежно-водная растительность; В, Г — осоковое низинное болото; Д — сосновый лес на сфагновом болоте (БСЭ, 1973)

Болотные отложения по инженерно-геологической классификации относятся к породам особого состояния, состава и свойств. В строительном отношении это слабые, сильно- и неравномерно-сжимаемые основания сооружений. Строительство на заболоченных землях и болотах это всегда строительство в особых условиях.

При изучении заболачивания территории дается оценка приуроченности болот к геоморфологическим элементам рельефа выявляются их тип, устанавливается гидрологический режим. Дается характеристика отложениям торфяной залежи: определяется степень разложения торфа, зольность, физические и физико-механические свойства.

По степени разложения торфа ($D_{др}$, %) согласно ГОСТ 25100-95, он подразделяется на:

- Слаборазложившийся $D_{др} < 20 \%$
- Среднеразложившийся $20 < D_{др} < 45 \%$
- Сильноразложившийся $D_{др} > 45 \%$.

По степени зольности торфа (D_{ds} , д.е.) выделяют нормальнозольные ($D_{ds} < 0,20$) и высокозольные ($D_{ds} \geq 0,20$).

При изучении заболоченных территорий определяют:

- Площадь распространения болот, тип, строения болота и т.п.;
- Относительную пораженность по площади, %;
- Оценку мощности торфа, строение разреза торфяных отложений;
- Оценку условий питания, объемов и т.п.;

Оценка несущей способности (R) торфяных массивов проводится согласно [СНиП 2.02.01-83](#), в соответствии с которыми выделяется три типа оснований в зависимости от их обводненности:

- Слабообводненные $R > 0,025$ МПа;
- Среднеобводненные $R = 0,025-0,01$ МПа;
- Сильнообводненные $R < 0,01$ МПа.

6.1.2. Прогноз заболачивания и защитные мероприятия

Заболачивание вызывает следующие негативные последствия: 1) разрушение дорожных покрытий; 2) снижение проходимости территории; 3) снижение несущей способности грунтов; 4) ухудшение качества питьевых вод за счет микробиологического загрязнения и др. процессов; 5) ухудшение качества сельскохозяйственных земель и лесных угодий; 6) ухудшение медико-санитарной обстановки [].

Прогноз заболачивания территорий разрабатывается на основе балансовых и гидродинамических методов с использованием оценки всех факторов, влияющих на развитие процесса. Характеристику последних получают по результатам мониторинга, на основе которого вырабатываются рекомендации и управляющие решения по влиянию на процесс заболачивания.

Для борьбы с заболачиванием чаще всего применяют мелиоративные мероприятия, к которым относятся осушение болот путем создания систем

дренажа территорий; в отдельных случаях применяют конструктивные мероприятия, такие как замораживание, применение свайных оснований и др.

6.2. Определение и общая характеристика процесса подтопления

Под подтоплением понимается процесс подъема уровня грунтовых вод выше некоторого критического положения, а также формирования верховодки и (или) техногенного водоносного горизонта, приводящий к ухудшению инженерно-геологических условий территории. Подтопление обусловлено превышением приходных статей водного баланса над расходными (СП П-105-97).

Глубина критического уровня определяется глубиной заложения и типами фундаментов, конструкцией подземной части сооружений, свойствами грунтов оснований в активной зоне, возможностью возникновения опасных инженерно-геологических процессов, высотой капиллярной каймы.

Подтопленной считается территория, для нормального использования которой требуются мероприятия по понижению уровня подземных вод и другие защитные мероприятия.

Подтопление возникает не только при высоком уровне стояния грунтовых вод. Возможны случаи, когда даже при глубоком залегании уровня (более 10-15 м) подтопление может существенно осложнять строительство и эксплуатацию некоторых сооружений (зданий с глубоким заложением фундаментов, подземных гаражей и торговых комплексов, линий метрополитена и т.п.).

Основными причинами возникновения и развития подтопления являются:

– подпор грунтовых вод в прибрежных зонах морей и водохранилищ, вдоль бортов каналов;

– техногенные утечки из водонесущих коммуникаций, прудов, отстойников, недостаточная организация поверхностного стока на застроенных территориях, неэффективность ливневой канализации, нарушение естественного стока при проведении строительных работ, неумеренный полив городских насаждений и садово-огородных участков;

– барражный эффект при строительстве заглубленных подземных сооружений, засыпке оврагов нефилтующим материалом, устройством стен в грунте и свайных полей;

– конденсация влаги под основаниями зданий, элеваторами и другими сооружениями, асфальтовыми покрытиями на застроенных городских территориях;

– гидромелиоративная деятельность на массивах орошения.

Развитие подтопления вызывает:

– деформации фундаментов и наземных конструкций зданий и сооружений, вызванные изменением прочностных и деформационных свойств грунтов, в особенности, обладающих специфическими свойствами (просадочность, набухание, выщелачивание, размокание);

– затопление подземных частей зданий, сооружений, коммуникаций, ухудшение условий их эксплуатации;

– возникновение и активизация опасных геологических процессов (оползни, карст, суффозия, просадки, набухание грунтов и др.);

– повышение сейсмической балльности (при сейсмическом микрорайонировании) за счет изменения категории грунтов по сейсмическим свойствам;

– изменение химического состава, агрессивности и коррозионной активности грунтов и подземных вод;

– загрязнение поверхностных и подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевых целей;

– ухудшение экологической и санитарно-эпидемио-логической обстановки вследствие подтопления территорий промышленных предприятий, полигонов бытовых и промышленных отходов, нефтехранилищ, скотомогильников и других источников химического и органического загрязнения;

– повреждение памятников истории и культуры, уничтожение уникальных ландшафтов.

В определенных условиях подтопление может привести к возникновению чрезвычайных ситуаций.

6.3. Методы изучения и прогнозирования процесса подтопления

Инженерно-геологические изыскания в районах развития подтопления в дополнение к пп. 4.2 и 5.9 СП 11-105-97 (часть I) должны обеспечивать:

– изучение и оценку гидрогеологических условий территории (региона, района, площадки, участка, трассы) объектов строительства;

– выявление источников подтопления и загрязнения подземных и поверхностных вод;

– выполнение прогноза изменения гидрогеологических условий с учетом вызываемых подтоплением негативных последствий;

– оценку опасности возникновения и развития подтопления при различных видах использования территории;

– получение необходимых параметров для обоснования проектных решений по строительству (реконструкции) зданий и сооружений в условиях развития подтопления и их инженерной защите;

– разработку предложений и рекомендаций по организации и ведению гидродинамического и гидрохимического мониторинга подземных вод и развития сопутствующих процессов.

При инженерных изысканиях следует учитывать, что подтопление развивается по двум принципиальным гидрогеологическим схемам, различным по режиму, условиям формирования и характеру распространения подземных вод:

Схема 1 – подтопление развивается вследствие подъема уровня первого от поверхности безнапорного водоносного горизонта, который испытывает существенные сезонные и многолетние колебания, на территориях, где глубина залегания уровня подземных вод в большинстве случаев невелика (обычно не превышает 10-15 м); при подтоплении наблюдается преимущественно естественно-техногенный тип режима подземных вод;

Схема 2 – подтопление развивается вследствие увлажнения грунтов зоны аэрации и (или) формирования нового техногенного водоносного горизонта с подъемом его уровня на территориях, где подземные воды имеют спорадическое распространение или вообще отсутствуют до кровли подстилающего водоупора, либо уровень первого от поверхности водоносного горизонта залегает на значительной глубине (обычно более 10-15 м); при подтоплении наблюдается техногенный тип режима подземных вод.

Принципиальные различия в развитии подтопления определяют специфику и методическую направленность изысканий, а также методику прогноза изменения гидрогеологических условий и особенности инженерно-гидрогеологического обоснования инженерной защиты.

Прогноз изменения гидрогеологических условий в районах развития или возможного возникновения подтопления должен составляться с учетом схем развития процесса.

При развитии процесса по схеме 1 выполняется прогноз подъема уровня и изменения химического состава грунтовых вод с учетом естественных (сезонных и многолетних) колебаний.

При развитии процесса по схеме 2 выполняется прогноз формирования техногенных подземных вод и изменения свойств грунтов зоны аэрации (особенно, если эти грунты просадочные или набухающие).

Все инженерно-геологические и гидрогеологические прогнозы должны выполняться с учетом влияния техногенных нагрузок и внешних гидродинамических границ исследуемой территории. При этом, исследуемая площадь может значительно превосходить площадь проектируемого объекта.

При выполнении прогнозов изменения гидрогеологических условий (режима подземных вод, динамики ареалов загрязнения подземных вод и др.) рекомендуется составлять гидрогеологическую модель территории, регулярно пополняемую новой информацией при последующих изысканиях.

Гидрогеологические прогнозы должны учитывать долготлетние перспективы экономического и социального развития региона, города, поселения. Продолжительность периода, на который составляется прогноз изменения гидрогеологических условий на застроенных территориях, должна составлять 5-15 лет. Каждые 5 лет прогноз должен корректироваться в соответствии с изменением техногенной нагрузки (новое строительство, реконструкция, расширение или ликвидация объектов).

В случае, если оценка ситуации и прогноз изменения гидрогеологических условий свидетельствуют о необходимости инженерной защиты от подтопления, должно быть предусмотрено получение исходных данных, необходимых для выбора видов инженерной защиты, типа, конструкции и режима работы водопонизительных устройств и решения других задач.

К оценке опасности подтопления следует подходить дифференцированно в зависимости от степени освоенности территории: на застраиваемой (или планируемой к застройке) территории – это возможность возникновения и развития процесса подтопления в определенной природно-техногенной обстановке (характеризуется площадью и скоростью развития процесса); на уже застроенной территории – это

способность процесса подтопления вызывать негативные последствия и наносить ущерб, размеры которого в определенных природных условиях дифференцированы по площади и во времени в зависимости от типов и интенсивности техногенной нагрузки (характеризуется коэффициентом пораженности территории подтоплением и наносимым ущербом).

В процессе гидрогеологических исследований необходимо устанавливать:

- фильтрационные свойства грунтов в границах района (площадки) изысканий, а также в пределах ее внешних гидродинамических границ;

- закономерности формирования режима (уровенного, химического, температурного) подземных вод;

- типы водообмена (фильтрация в водонасыщенной зоне; влагоперенос, происходящий в ненасыщенной зоне путем инфильтрации и испарения; передача гидростатического давления; диффузионный перенос вещества и др.;

- особенности взаимосвязи подземных и поверхностных вод;

- характеристику областей разгрузки потока подземных вод и удаленности их от изучаемой площадки;

- агрессивность и коррозионную активность подземных вод с учетом возможного загрязнения.

Исследование и оценка влияния подтопления на экологическую обстановку (изменение природных и техногенных ландшафтов, заболачивание, снижение агротехнических свойств почв, гибель и изменение состава растительных сообществ, ухудшение условий жизни населения, в том числе санитарно-эпидемиологической обстановки) должны осуществляться в комплексе с инженерно-экологическими изысканиями согласно СП 11-102-97.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные факторы формирования болот и заболоченных земель.
2. Какие типы болот развиты на водоразделах?
3. Какие типы болот развиты на склонах и их характеристика?
4. Какие типы болот развиты в долинах и их характеристика?
5. Как прогнозируют подтопление территории?
6. Назовите мероприятия по борьбе с заболачиванием и подтоплением территории.

Рекомендуемая литература

1. Бондарик Г.К. Инженерная геодинамика / Г.К. Бондарик, В.В. Пендин, Л.А. Ярг. – Москва: КДУ, 2007. – 440 с.
2. Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии / Г.К. Бондарик. – Москва: Недра, 1981. – 256 с.
3. Золотарев Г.С. Инженерная геодинамика / Г.С. Золотарев. - Москва: МГУ, 1983. – 328 с.
4. Иванов И.П. Инженерная геодинамика / И.П. Иванов, Ю.Б. Тржцинский. – Санкт-Петербург: Наука, 2001. – 416 с.
5. Королев В.А. Инженерная и экологическая геодинамика: [Электронный учебник на СД] / В.А. Королев. – Москва: МГУ, 1995.
6. Королев В.А. Мониторинг геологической среды / В.А. Королев; под ред. В.Т. Трофимова. – Москва: МГУ, 1995. – 272 с.
7. Лапердин В.К. Опасные геологические процессы на юге Якутии и сопредельных территориях / В.К. Лапердин, В.С. Имаев, И.И. Верховин [и др.]. – Иркутск: Ин-т земной коры СО РАН, 2011. – 240 с.