

ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОД НА ПОДТОПЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЮГА УКРАИНЫ

д.с.-х.н., профессор, **Аверчев А.В.**

к.с.-х.н., доцент, **Ладычук Д.А.**

к.с.-х.н., доцент, **Шапоринская Н.Н.**

ГВУЗ «Херсонский ГАУ»

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы, касающиеся установления причин регионального подтопления на юге Украины (на примере Херсонской области). Приведены теоретические и практические аспекты обеспечения надежной и долгосрочной эксплуатации фундаментов и заглубленных частей сооружений в зоне подтопленных земель. Для их защиты разработана противодиффузионная система, которая предусматривает, что фундаменты и заглубленные части сооружений по периметру и снизу защищаются сплошным глинистым экраном и вмещают водосборник с системой удаления аккумулялированной в нем воды.

Ключевые слова: вредное воздействие вод, региональное подтопление, причины и последствия подтопления, грунтовые воды, заглубленные части сооружений, температурный градиент, противодиффузионная система, водосборник.

Постановка проблемы. Вследствие глобальных изменений климата возрастает частота и амплитуда естественных колебаний речного стока, усиливаются риски проявлений вредного воздействия вод, ущерб от которых для Украины в среднем оценивается в 1,5-2,0 млрд. гривень в год [1].

К наиболее активным опасным экзогенным геологическим процессам (ЭГП) относятся: оползни, карст, подтопление, абразия, переработка берегов водохранилищ, оседание земной поверхности. Все эти процессы характерны для юга Украины (Херсонская, Николаевская, Одесская области и Автономная республика Крым). Ключевой территорией исследований была выбрана Херсонская область, которая является типичной для юга Украины.

Для этой территории определяющее значение имеет проведение водохозяйственной деятельности, которая имеет такие негативные последствия, как: диффузионные потери из ирригационных систем, водохранилищ, каналов, потери воды из коммуникаций, создание прудов в овражно-балочной системе и тому подобное. Это привело к тому, что на территории исследований на сегодняшний день существует региональное подтопление, возникшее вследствие значительного и длительного антропогенного воздействия, как на сельскохозяйственные, так и на урбанизированные агроландшафты. Это вызывает необходимость разработки новых методов защиты агроландшафтов, а также искусственных объектов, построенных в них, от подтопления.

Анализ последних исследований и публикаций. Вследствие сооружения Каховского водохранилища долина р. Днепр из зоны разгрузки подземных вод превратилась в зону их подпора и обратного питания. Наблюдается стойкое обводнение верхней части неогеновых известняков (ранее безводных) по всему периметру водохранилища. Влияние водохранилища, с разной интенсивностью, прослеживается на расстоянии 30-150 км (вглубь плато) [13].

Региональное развитие подпора Каховского водохранилища и ирригационных каналов, формирование куполов подземных вод на орошаемых массивах на юге области превратили долину р. Днепр, северную прибрежную часть озера Сиваш и заливов Черного моря, из зон разгрузки подземных вод в зону их интенсивного питания. Херсонская область почти полностью потеряла региональное естественное дренирование и вследствие этого разгрузки подземных вод имеет преимущественно восходящий характер.

По имеющейся геологии, с учетом антропогенного изменения гидрологии Каховского водохранилища, в начале - середине 80-десятых годов прошлого века завершились процессы заполнения зон аэрации почвогрунтов, которые на определенных подовых территориях начали «фонтанировать». В условиях роста отрицательного влияния глобальных изменений климата (потепление, увеличение количества и неравномерности осадков, риски наводнений), следует ожидать интенсификации процессов заболачивания подовых территорий, территорий максимального воздействия магистральных каналов и систем орошения (рост площадей подтопления достигает в среднем до 50 тыс. га в год) и опустынивания, за счет вторичного засоления и осолонцевания, прилегающих к зонам заболачивания плоскостных повышений с интенсивной эксплуатацией на довольно значительных территориях региона [14].

Постановка задачи. Факты, обнаруженные на Днепровском Форуме общественности 6-7 июля 2012 специалистами и учеными Украины и Беларуси, показали постоянное ухудшение гидрологического режима по всему бассейну Днепра, которое особенно остро отражается на ситуации в Украине. Учитывая глобальные изменения климата водосбор бассейна сегодня вырос и в условиях свободного стока в Черное море Днепр должен выносить в 63-67 млрд. м³ воды, но водосток в море составляет лишь 35-38 млрд. м³. За счет водоотбора на питьевые и технические нужды (до 5-6 млрд. м³) и фильтрационных процессов в Киевском, Каневском, Кременчугском и Каховском водохранилищах (до 25 млрд. м³) Днепр с каскадом плотин практически «подтопил» большую часть прилегающих территорий и сам превратился в болото, где естественная биологическая продуктивность за последние 30 лет снизилась в 32 раза.

Одним из первых документов официального признания ухудшение гидрогеологической и социально-экологической ситуации в регионе стали Постановления Совета Министров СССР - от 28 июля 1977 № 584-р о ликвидации последствий подтопления м. Херсона и от 28 августа 1978 №

547-р о ликвидации последствий подтопления отдельных территорий г. Херсона и других городов и населенных пунктов Херсонской области. Таких в соответствующем приложении уже тогда было 51. На сегодняшний день количество населенных пунктов Херсонщины, страдающих от подтопления и затопления, достигла 258.

Цель исследования. Разработать профильтрационную систему защиты заглубленных частей зданий и сооружений от вредного воздействия грунтовых и инфильтрационных вод.

Задачами работы являются:

- 1- установления причин подтопления для исследуемой территории;
- 2 - разработка технических решений для обеспечения надежной и долгосрочной эксплуатации фундаментов и заглубленных частей сооружений в зоне подтопленных земель.

Материалы и методы исследований. Природные условия Херсонской области и водно-мелиоративные мероприятия определяют широкое развитие процесса подтопления. За последние десятилетия процесс подтопления активно развивается и достиг критического состояния, способного привести к выводу крупных земельных массивов с хозяйственного использования.

На сегодня площадь подтопленных земель в Херсонской области составляет 11,3 тыс. км², что составляет 39,7% от площади области (и это только по официальным данным). По данным исследований площадь подтопленных земель в области, в зависимости от критического уровня грунтовых вод и их нормативных значений, может достигать 69%. Наиболее поражены этим бедствием территории юго-западных и северо-западных районов области. Определяющим фактором развития процесса подтопления здесь является интенсивное и длительное проведение мелиоративных работ, которые сопровождались внешней водоподачей и строительством техногенных водных объектов. Кроме этого под угрозой подтопления находятся около 300 населенных пунктов и около 100 тыс. га сельскохозяйственных угодий.

Теоретическое обоснование технических решений. Применение профильтрационных систем базируются на основе следующих научных фактов.

Так как вода находится в гравитационном поле, часть ее свободной энергии зависит от местонахождения данного объема. Свободная энергия любого объема почвенной влаги, обусловленная положением последней в гравитационном поле, измеряется по уровню воды в состоянии сравнения [2].

Итак, если расширение поверхности жидкости осуществляется адиабатически, жидкость теряет количество тепла $[- T (\delta\sigma / \delta T)]$ и температура ее снижается. Когда новая поверхность образуется изотермически, это количество тепла подводится из окружающей среды к поверхностному слою, чтобы компенсировать охлаждение [3].

Все жидкости стремятся перемещаться так, чтобы их потенциал при этом уменьшался. Например, вода самопроизвольно перетекает из уровня z_1 на меньший уровень z_2 . При этом потенциал воды в расчете на единицу

массы уменьшается на $g(z_1 - z_2)$, и это изменение потенциала соответствует сумме энергий (механической, тепловой и др.), которую вода может отдать в своем падении [4].

С.А. Тэйлор, Дж. В. Кэри [5] отмечают, что во всех опытах влияние температурного градиента вызвало немедленный подъем воды в водомерных трубках на теплом конце колонки и снижение уровня на холодном конце. Через 8-10 часов эта разница уровней исчезала, после чего вода продолжала двигаться, но теперь уже от горячего к холодному концу, создавая разницу гидравлических напоров.

Градиент электрического потенциала, так и градиент температуры способны вызвать электрический ток, или градиент потенциала влаги и температурный градиент могут вызвать поток влаги в почве. Необратимые явления выражаются линейным феноменологическим соотношением общего типа

$$I_i = \sum L_{ik} X_k, \quad (1)$$

где

I - поток;

L - феноменологический коэффициент, или константа, которая зависит только от физического состояния и геометрии данной системы;

X - функция, которая выступает как действующая сила;

i, k - индексы для обозначения компонентов, которые констатируют, что суммарный поток может быть создан при участии всех силовых полей ($i = 1, 2 \dots n$) [5].

В применении к потоку тепла это означает, что изменение температуры вдоль свободного пробега, которое имеет среднюю длину, должно быть гораздо меньше самой средней температуры. Это выражение показывает, что разница давлений в воде, возникающее в пористой среде под давлением постоянной разницы температур, зависит от энтальпии воды и от отношения коэффициента переноса влаги в том же материале [5].

Движение почвенного раствора возникает при нарушении в разных частях раствора равенства химического потенциала частиц и температуры. Известными условиями такого равновесия является постоянство химического потенциала молекул, ионов и температуры: $\mu = \text{const}$, $T = \text{const}$.

В условиях неполного насыщения почвы влагой, или наличия фронта испарения почвенного раствора, заполняющего поры полностью, основными силами, определяющими передвижения влаги, обычно являются капиллярные силы, которые проявляются в виде капиллярного давления, которое зависит от кривизны поверхности раздела вода-воздух и от величины поверхностного натяжения на этой границе [6,7].

С.В. Саноян [7] доказал, что относительный вклад потока пара в общий поток влаги повышается с уменьшением влажности почвы. Эти выводы справедливы при условии, что при разной влажности почвы концентрация

солей в почвенном растворе не меняется. При повышении концентрации солей в почвенном растворе относительный вклад потока пара снижается.

Надо отметить, что влияние концентрации солей на скорость испарения значительно меньше, если в них не учитывать величину α , характеризующую уменьшение эффективной поверхности испарения.

Значительная роль отводится пленке влаги в процессе испарения жидкости из тонких капилляров. Если радиус капилляра небольшой, то скорость испарения определяется не только диффузным потоком пара, но и потоком, который переносится пленкой жидкости, при ее течении под влиянием градиента толщины пленки. С уменьшением диаметра капилляра роль жидкостного переноса увеличивается. Роль жидкостного переноса также увеличивается при увеличении относительной влажности воздуха [7].

Результаты и обсуждение. Процесс развития подтопления обуславливают два основных фактора:

- степень природной подтопленности (природное подтопление и дренированность);

- степень техногенной (водохозяйственной) нагрузки.

Площади подтопления и его интенсивность постоянно меняются. В последние годы наибольшие площади подтопления фиксируются в пределах южных областей - Херсонской, Николаевской, Одесской, где процесс развивается не только в пределах пойм, надпойменных террас и днищах крупных балок, но и на водоразделах, которые имеют очень слабую природную дренированность. В целом, для южных областей территории Украины, процесс подтопления, в первую очередь, связан с техногенными условиями формирования положения уровней грунтовых вод [2].

Отмечается подъем среднегодового уровня грунтовых вод за многолетний период в среднем со скоростью 0,1-0,3 м/год.

На отдельных участках, расположенных непосредственно у магистральных каналов, установлено значительное повышение уровня грунтовых вод в грунтовых массивах в результате дополнительного поступления (фильтрации) поверхностных вод. Так, на каждом гектаре орошаемых земель ежегодно теряется, на пополнение грунтовых вод, 960 - 990 м³ оросительной воды. К этому надо добавить еще сезонные потери воды из Северо - Крымского магистрального канала, которые в последние годы составляют около 80 - 110 млн. м³, а также среднегодовые потери из Каховского магистрального канала 60 - 80 млн. м³.

Дальнейшее расширение зоны подтопления здесь будет расти за счет техногенного фактора в условиях необратимого нарушения водного баланса территории.

Также настораживает тот факт, что в связи с ограниченным финансированием полевые работы по мониторингу экзогенных процессов на территории Херсонской области в последние годы не проводились [8].

До этого на сегодня добавились и глобальные изменения климата. В последние десятилетия довольно существенно увеличилось количество

осадков в южном регионе - в последнее десятилетие их среднегодовое количество уже составляет 420 - 480 мм (при норме 360-380 мм).

Наиболее интенсивно подтоплены территории, прилегающие к поймам рек, участки в зонах влияния водохранилищ, каналов, ирригационных систем и тому подобное. Для городской территории наиболее частой причиной повышения уровней являются потери из водопроводных сетей, подпор грунтовых вод фундаментами зданий и сооружений, отсутствие ливневой канализации, формирование замкнутых понижений, выполняющих функцию водоприемников поверхностных вод.

Для обеспечения предупреждения и борьбы с подтоплением применяются различные мероприятия. Но они сводятся к одному - уменьшить вредное водопоступление и увеличить водоотведение.

Рассмотрим в качестве примера - дренажные системы. Для предотвращения процессов подтопления на территории агроландшафтов необходимо применять дренаж. Но дренажные системы, построенные 30-40 лет назад, особенно с насосным водоотведением, не всегда выполняют свои функции в полной мере [9].

В урбанизированных ландшафтах повышение уровня грунтовых вод способствует водонасыщению почв зоны аэрации, ухудшая их физико-механические свойства, что приводит к развитию негативных явлений (таких как карст, оползни, уплотнения лессовых грунтов, просадки грунтовой толщи и т.д.), что в конечном счете влияет на состояние зданий и сооружений, увеличивая сейсмичность участков на 1-2 балла.

Уровни грунтовых вод под зданиями и сооружениями должны располагаться ниже заложения подошвы фундамента не менее чем на 0,5 м. При этом защита фундаментов и подвальных помещений от капиллярной влаги осуществляется путем устройства соответствующей гидроизоляции. Но при возникновении негативных явлений, вызванных процессом подтопления возможно нарушение в пространстве конструктивных элементов заглубленных частей зданий и сооружений, и какой надежной бы ни была гидроизоляция поверхностей заглубленных частей, она не спасет от подтопления внутри здания или сооружения.

Также известны устройства противофильтрационных завес и экранов фундаментов зданий и сооружений [10,11]. Недостатком данных конструктивных решений является то, что они защищая фундамент от притока грунтовых вод извне, не обеспечивают защиту фундамента снизу, не учитывают капиллярную кайму, не снижают агрессивное воздействие грунтовых вод на фундамент и заглубленные части сооружений, снижают их эффективность.

Поэтому для защиты заглубленных частей зданий и сооружений от вредного воздействия вод предлагаются варианты противофильтрационных систем, которые позволят увеличить срок безаварийной работы зданий и сооружений в зоне подтопленных земель на 3-5 лет и значительно сократить эксплуатационные расходы.

Технические решения. Решение задачи работы достигается тем, что заглубленные части сооружений по периметру и снизу защищаются сплошным глинистым экраном и вмещают водосборник с системой удаления аккумулялированной в нем воды.

На рисунке 1 изображена принципиальная схема противофильтрационной системы (вариант 1) в плане. На рисунке 2 изображен поперечный разрез А - А.

Противофильтрационная система включает фундамент (1), заглубленные части сооружения (2), которые извне по периметру и снизу защищаются сплошным глинистым экраном (3) от воздействия грунтовых вод (УГВ) (4). Между боковыми стенками заглубленной части сооружения (2) и защитным глинистым экраном (3) по периметру заглубленной части сооружения (2) создается водосборник (5), заполненный на $\frac{3}{4}$ своего объема более водопроницаемым грунтом - заполнителем (суглинки) и содержит в себе несколько нитей теплопроводного электрического кабеля (6), количество которых и марка зависит от глубины заглубленной части сооружения (2) и устанавливается теплотехническим расчетом, а верхняя часть водосборника (5), имеет воздушную подушку (9), которая перекрыта отмосткой (7), имеющей воздухообменники (8).

Противофильтрационная система (вариант 1) работает следующим образом. Сплошной глинистый экран имеет низкий коэффициент фильтрации, но грунтовые воды через определенное время проникают через него к заглубленной части сооружения, накапливаясь в водосборнике. На нити теплопроводного электрического кабеля подается напряжение.

Электрический ток, проходящий по кабелю разогревает его, после чего возникает нагрев грунта - заполнителя водосборника и преобразования накопленной в нем воды в паровидное состояние с последующим поднятием этой субстанции к воздушной подушке и последующим удалением из воздухообменников, расположенных в отмостке, за пределы водосборника. После подсушивания водосборника напряжение на кабель прекращается.

Весомыми недостатками предложенной системы являются:

- невозможность четко определить величину воздушной подушки;
- полностью высушить водосборник;
- уменьшение прочности отмостки за счет наличия значительного количества воздухообменников.

Кроме этого, охлаждения отмостки и верхнего слоя заполнителя водосборника в холодное время года не даст возможность паровидной субстанции выходить через воздухообменники, потому что она будет превращаться в воду и оставаться на этом уровне удаления. Это не позволит противофильтрационной системе выполнять свои функции [12].

Альтернативным вариантом решения поставленной в исследовании задачи может быть противофильтрационная система (вариант 2) (для различения вариантов она называется система обеспечения сухости заглубленной части сооружения). Схема работы системы обеспечения

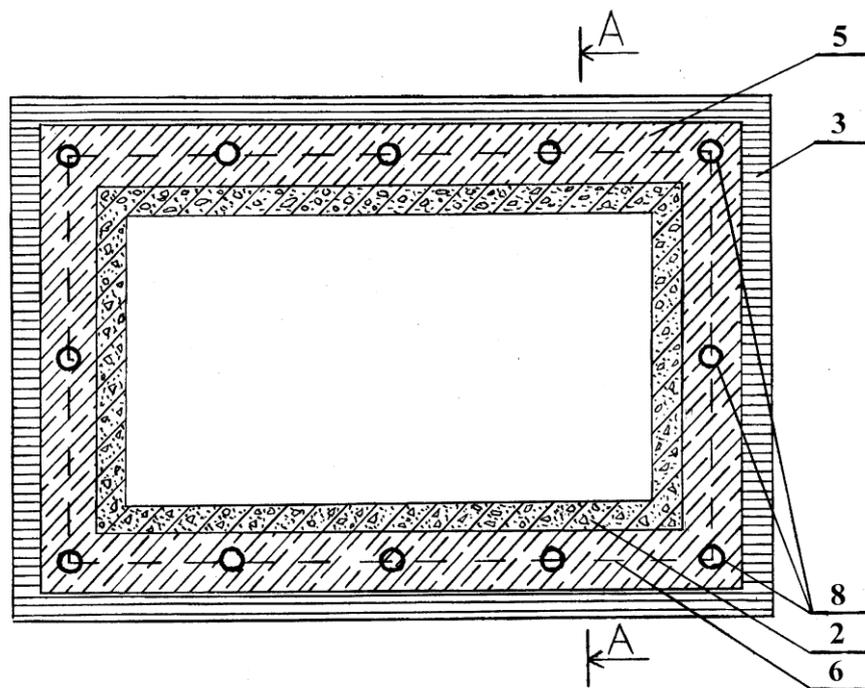


Рис.1 Схема противофильтрационной системы для заглубленных частей сооружений (вариант 1)

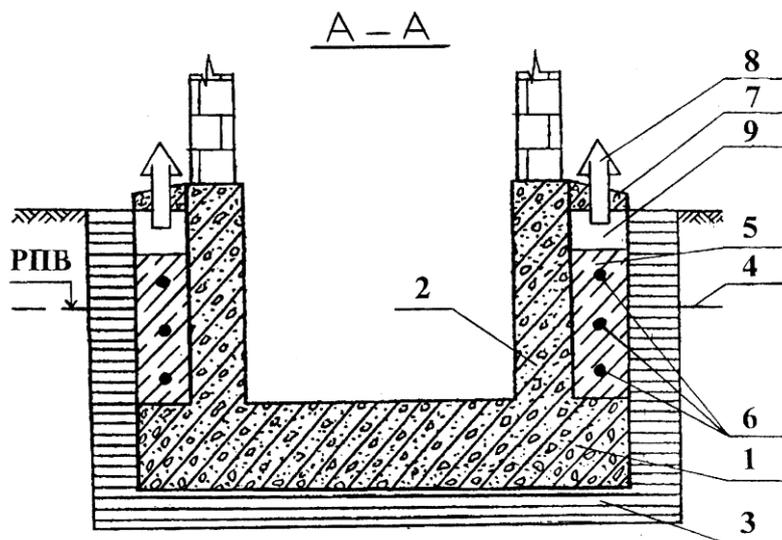


Рис. 2 Поперечное сечение А - А противофильтрационной системы

сухости заглубленной части сооружения приведена на рисунке 3. Принципиальная схема системы обеспечения сухости в плане приведена на рисунке 4. Поперечное сечение А - А изображен на рисунке 5.

Система обеспечения сухости имеет заглубленную часть сооружения (1), защищенную снаружи по периметру и снизу сплошным глинистым экраном (2), водосборник (3), объем которого заполнен водопроницаемым грунтом - заполнителем и содержит в себе несколько нитей теплопроводного

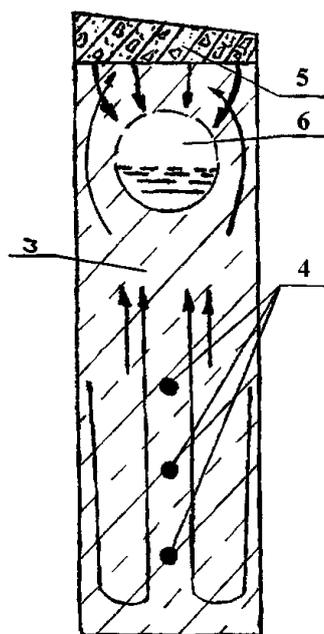


Рис. 3 Схема работы системы обеспечения сухости заглубленной части сооружения

электрического кабеля (4), параметры которого определяются теплотехническим расчетом.

В верхней части водосборника (3) непосредственно под отмосткой (5) устраивается по периметру заглубленной части сооружения (1) перфорированная в верхней части горизонтальная дрена (6), параметры которой определяются гидравлическим расчетом, а дренажная вода собирается в стандартный дренажный колодец (7).

Система обеспечения сухости работает следующим образом.

На нити теплопроводного электрического кабеля (4) постепенно, начиная с самой верхней, подается напряжение. Электрический ток, проходящий по нитям кабеля (4) разогревает их, после чего возникает послойный (сверху вниз) нагрев грунта - заполнителя водосборника (3) и преобразование накопленной в каждом слое воды в паровидное состояние с последующим поднятием этой субстанции по водосборнику (3) вверх.

Достигая отмостки (5), паровидная субстанция превращается в воду, благодаря снижению температурного градиента и под действием гравитационных сил начинает движение вниз по водосборнику (3), где перехватывается перфорированной в верхней части горизонтальной дрена (6) и отводится в дренажный колодец (7) (см. рис. 6,7).

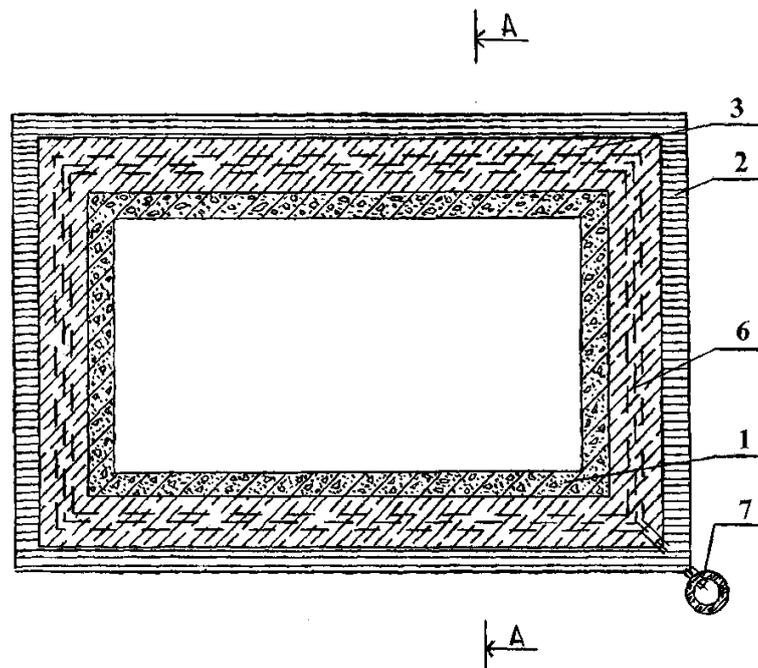


Рис. 4 Система обеспечения сухости заглубленной части сооружения

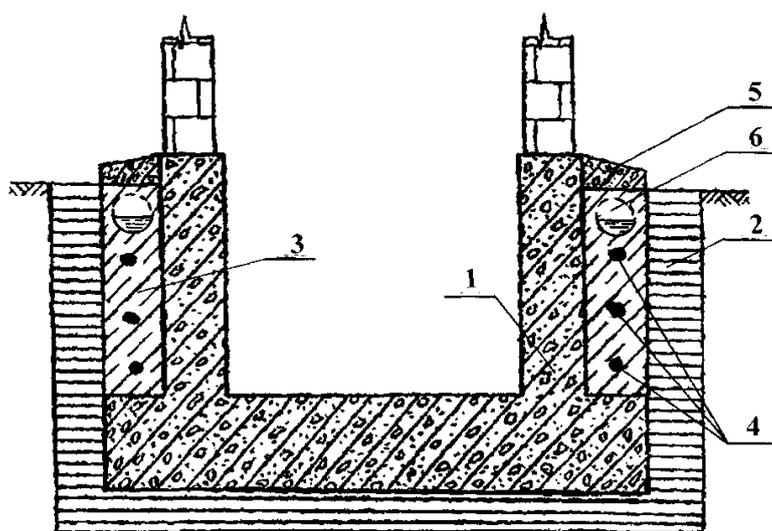


Рис. 5 Поперечное сечение А - А системы обеспечения сухости заглубленной части сооружения

После высушивания водосборника (3) напряжение на кабель (4) прекращается. При возникновении необходимости цикл повторяется.

Выводы, перспективы дальнейших исследований.

Сооружение Каховского водохранилища превратило долину р. Днепр из зоны разгрузки подземных вод в зону их подпора и обратного питания.

На территории Херсонской области на сегодня существует региональное подтопление, возникшее вследствие значительного, длительного антропогенного воздействия, как на сельскохозяйственные, так и урбанизированные агроландшафты.

Фильтрационные потери из водохранилищ Днепровского каскада достигают 25 млрд. м³. На каждом гектаре орошаемых земель ежегодно теряется, на пополнение грунтовых вод, 960 - 990 м³ оросительной воды.

Площадь подтопленных земель в Херсонской области составляет 11,3 тыс. км², что составляет 39,7% от площади области, под угрозой подтопления находятся около 300 населенных пунктов и около 100 тыс. га сельскохозяйственных угодий. Наиболее поражены этим бедствием территории юго-западных и северо-западных районов области.

В урбанизированных ландшафтах повышение уровня грунтовых вод способствует водонасыщению почвогрунтов зоны аэрации, ухудшая их физико-механические свойства, что приводит к развитию негативных явлений (таких как карст, оползни, уплотнения лессовых грунтов, просадки грунтовой толщи и т.д.), которые влияют на состояние зданий и сооружений.

При возникновении негативных явлений, вызванных процессом подтопления возможно нарушение в пространстве конструктивных элементов заглубленных частей зданий и сооружений, и какой бы надежной ни была гидроизоляция поверхностей заглубленных частей, она не спасет от подтопления внутри здания или сооружения.

Сегодня существует необходимость разработки новых методов защиты урбанизированных ландшафтов, а также искусственных объектов, построенных в них, от подтопления.

Одним из решений проблемы может быть предложенный способ, который предусматривает, что заглубленные части сооружений по периметру и снизу защищаются сплошным глинистым экраном и вмещают водосборник с системой удаления аккумулированной в нем воды различных модификаций.

Список использованных источников

1. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи) – К.: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2015. – 46 с.
2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОР Грін Д.С. – 2016. – 350 с.
3. Эдлефсен Н.Е., Андерсон Б.С. Термодинамика почвенной влаги // Термодинамика почвенной влаги / Под ред. А.М. Глобуса. Л.: Гидрометеиздат, 1966. – С. 5-273.
4. Аллэр Н. Эффективный потенциал воды при высыхании почвы // Термодинамика почвенной влаги / Под ред. А.М. Глобуса. Л.: Гидрометеиздат, 1966. – С. 325-360.
5. Тэйлор С.А., Кэри Дж.В. Анализ одновременных потоков воды и тепла или электричества с помощью термодинамики необратимых процессов // Термодинамика почвенной влаги / Под ред. А.М. Глобуса. Л.: Гидрометеиздат, 1966. – С.361-371.
6. Вакал Є.С., Вакал Ю.Є., Стеля О.Б. Чисельне розв'язання задачі вологопереносу в області складної форми зі слабко проникними

включеннями / Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка - №4 – 2014 – С.69-72.

7. Саноян С.В. Поверхностные явления в засоленных почвах и теория капиллярных методов регулирования их водного и солевого режимов Автореф диссер.на соиск. учен. степ. докт. биол. н. - М: 1979. – 41 с.

8. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Херсонській області у 2016 році Херсонська обласна державна адміністрація Департамент екології та природних ресурсів, 2017 рік [Електрон. ресурс].– Режим доступу: <https://menr.gov.ua/news/31778.html>.

9. Ушкаренко В.О., Морозов В.В., Сніговий В.С., Сафонова О.П. Підтоплення зрошуваних земель – проблема і перспективи // Таврійський науковий вісник. Херсон: Айлант. – 2001. – Вип. 20. – С. 127-131.

10. Галінський О.М., Чернухін О.М. Спосіб улаштування екрана під спорудою Патент на корисну модель № 95383, Україна, МКІ. - № a201004217 Опубл. 25.07.2011, Бюл. №14. – 2011. – 2с.

11. Петровський А.Ф., Галінський О.М., Менеїлюк О.І. Спосіб улаштування протифільтраційної завіси під спорудою Патент на корисну модель № 91704, Україна, МКІ. - № u 2014 01974. Опубл. 10.07.2014, Бюл. №13. – 2014. – 2с.

12. Ладичук Д.О. Протифільтраційна система для заглибленої частини споруди Патент на винахід №72397, Україна, МКІ. - №20031211943. Опубл. 15.01.2007, Бюл. №1. – 2007. – 2с.

13. Averchev O.V., Ladychuk D.O. The impact of regional climate change on the irrigation mode of fruit and vegetable crops in the South of Ukraine // Fourth International Conference of European Academy of Science, Section: Life Sciences & Earth Sciences / Soil Sciences, Bonn, Germany, January ,20-31, 2019, Publisher: “EAS” p. 103-105.

14. Аверчев О.В., Ладичук Д.О., Шапоринська Н.М., Ладичук В.Д. Агроекологічні особливості використання сапропелів Нижнього Дніпра // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Вип. 100. – Херсон: Грінь Д.С., 2018. – С. 219-224.