

УДК 551.493:502

**Рахманов Бурибай к.т.н.**

*профессор кафедры «Геология и гидрометеорология»*

*факультет географии и экологии,*

*Самаркандский государственный университет*

**Мирсаитова Нилуфар Мирхайтовна асс.**

*преподаватели кафедры «Геология и гидрометеорология»,*

*факультет географии и экологии,*

*Самаркандский государственный университет*

**Ганиев Шахоб Рабимкулович PhD**

*доцент кафедры «Геология и гидрометеорология»*

*факультет географии и экологии,*

*Самаркандский государственный университет*

*г. Самарканд*

## **МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ЗАМАЧИВАНИЯ И ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ НА СВОЙСТВА ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТОВ**

***Аннотация:** Статья посвящена изучению свободного набухания глинистых и суглинистых грунтов на основании КАЭС. Для определения прочностных характеристик исследуемых грунтов применялись одноплоскостные режущие устройства, имеющие фиксированную плоскость поперечного сечения системы Гидропроекта. В статье анализируются характерные особенности деформации в результате увлажнения лессовидных грунтов, залегающих под фундаментами зданий. В статье исследуются деформации насыщения и усадки свободными водами, а*

*также методика определения прочности грунтов. Используются следующие методы: метод прямого среза, метод проникновения лабораторного конуса и метод прямого толчка при движении. Основания КАЭС были изучены с помощью методов фильтрации и диффузионной промывки грунтов. Целью исследования являются методика определения характеристик засоленных грунтов. При определении характеристики засоленных грунтов различается от незасоленных грунтов. По этому статье изложена методы определения характеристик засоленных грунтов.*

**Ключевые слова:** *набухание, осаждение, усадка, влажность, степень насыщения водой, пластическая прочность, коэффициент пористости, консолидация, проникновение, сдвиг, ползучесть, промывка, плотность, влажность.*

***Prof. Rakhmanov Buribay***

***dots.Ganiev Shahob Rabimkulovich***

***Ass. Mirsaitova Nilufar Mirkhaitovna***

*Teacher, Department of Geology and hydrometeorology,  
Faculty of Geography and Ecology, Samarkand State University*

## ***METHODOLOGY FOR STUDYING THE INFLUENCE OF SOAKING AND LEACHING ON THE PROPERTIES OF SALINY SOILS***

***Abstract:*** *The article is devoted to the study of free swelling of clay and loamy soils on the basis of the KNPP. To determine the strength characteristics of the studied soils, single-plane cutting devices with a fixed cross-sectional plane of*

*the Hidroproekt system were used. The article analyzes the characteristic features of deformation as a result of moistening of loess-like soils lying under the foundations of buildings. The article examines saturation deformations and shrinkage by free water, as well as methods for determining the strength of soils. The methods used are the straight cut method, the laboratory cone penetration method, and the direct push method. The foundations of the KNPP were studied using methods of filtration and diffusion washing of soils. The purpose of the study is to determine the characteristics of saline soils. When determining the characteristics of saline soils, they differ from non-saline soils. This article outlines methods for determining the characteristics of saline soils.*

**Key words:** *swelling, sedimentation, shrinkage, humidity, degree of saturation with water, plastic strength, porosity coefficient, consolidation, penetration, shear, creep, leaching, density, humidity.*

**Введение.** При проведении инженерно-геологических исследований для целей строительства на территориях распространения засоленных грунтов следует определить:

- распределение солей по площади и глубине;
- наличие легко-, средне- и труднорастворимых солей;
- химический состав грунтовых и поверхностных вод;
- наличие суффозионных воронок и провалов и др.

Кроме того, необходимо изучить изменение свойств грунтов на исследуемом участке при водонасыщении и выщелачивании, а также учесть местный опыт строительства и эксплуатации сооружений различного назначения.

**Основная часть.** Для определения деформационных и прочностных

характеристик засоленных грунтов с помощью этой методики необходимо определять плотность грунта, дисперсный, микро агрегатный и солевой состав, проницаемость грунтов, относительные значения просадочности и суффозионной сжимаемости, удельное сцепление и угол внутреннего трения в состоянии естественной плотности-влажности, при водонасыщении и выщелачивании.

Величину просадочности и суффозионной сжимаемости засоленных глинистых и просадочных грунтов необходимо определять с учетом степени водонасыщения и выщелоченности грунта, исходя из скоростей выщелачивания и времени эксплуатации сооружения.

Компрессионные испытания засоленных глинистых и просадочных грунтов проводятся с целью получения расчетных характеристик их сжимаемости – коэффициента сжимаемости и модуля общей деформации в интервалах заданных нагрузок, а также для определения величины давления набухания засоленных грунтов.

Свободное набухание глинистых и суглинистых грунтов основания КАЭС проводились в приборе ПНГ по ГОСТ 23143-80.

Увлажнение проводилось дистиллированной водой по схеме капиллярного смачивания с последующим заливом воды сверху. Испытание на набухание продолжалось 8-23 сут. При критерии стабилизации 0,01 мм/сут. За критерий разделения грунтов по набуханию принята величина относительного набухания 4%. В грунте до и после опыта по набуханию были проведены следующие определения: набухаемость, влажность и прирост влажности, плотность, степень водонасыщения, пластическая прочность [1].

**Методика исследований.** Усадка глинистых и суглинистых грунтов проводилась по методике ГОСТ 23143-80. При исследованиях на усадку

испытывали грунты ненарушенной структуры, естественной влажности и плотности, после свободного набухания в приборе ПНГ и после компрессионного уплотнения под нагрузкой 0,8 МПа.

Усадка глинистых грунтов характеризовалась пределом усадки ( $W_u$ ), плотностью грунта на пределе усадки, коэффициентом пористости ( $I_u$ ) на пределе усадки, величиной линейной усадки образца по диаметру, величиной линейной усадки образца по высоте и величиной объемной усадки.

Величины  $W_u$  и  $I_u$  характеризуют ту минимальную влажность и плотность, которые может приобрести данный грунт в результате усадки. Предел усадки  $W_u$  определяется путем расчета по формуле:

$$W_2 = \left( \frac{1}{\rho_{\text{дсух}}} - \frac{1}{\rho_s} \right) \rho W,$$

Для получения прочностных характеристик исследуемых грунтов были использованы одноплоскостные срезные приборы с фиксируемой плоскостью среза системы Гидропроекта.

Экспериментальные исследования прочности грунтов выполнялись в соответствии с ГОСТ 12248-78. В зависимости от физического состояния грунта применялись методы консолидированного и неконсолидированного (быстрого) среза образцов:

– методом быстрого среза испытывались образцы естественного сложения и влажности без предварительного их уплотнения. Величины нормального давления, при котором производился срез, выбирались с учетом веса грунтовой толщи и сооружения. После передачи нормальной нагрузки сразу приводился в действие механизм для создания касательной нагрузки и срез производился не более чем за 2 мин с момента приложения нормальной нагрузки;

– методом консолидированного среза испытывались образцы

естественного сложения и влажности, предварительно уплотненные нагрузками, соответствующими нагрузками, при которых производился срез образцов. Перед испытанием образец помещался в уплотнитель. Нормальное давление передавалось на образец грунта последовательно ступенями 0,05 МПа, при этом каждый раз образец выдерживался под данной нагрузкой до условной стабилизации вертикальных деформаций (0,2 мм/сут). Затем образец переносился в срезную коробку, на него передавалось сразу в одну ступень нормальное давление, соответствующее нагрузке уплотнения, и приводился в действие механизм для создания касательной нагрузки. Касательные нагрузки передавались ступенями, величина которых определялась величиной нормального давления и составляла 5% от нее. Каждая ступень выдерживалась до условной стабилизации деформаций (0,01 мм/мин). Опыт заканчивался при достижении суммарной деформации 5 мм или при срезе образца.

Для оценки влияния процессов уплотнения, водонасыщения и выщелачивания на показатели прочности исследуемых грунтов методами консолидированного и быстрого среза были выполнены испытания предварительно уплотненных, водонасыщенных и выщелоченных образцов.

По характеру предварительной подготовки глинистых грунтов были выбраны следующие схемы испытаний:

- консолидированный срез образцов, предварительно уплотненных одной и той же заданной нагрузкой с сохранением естественной природной влажности, но срезанных при различных нагрузках;

- консолидированный срез образцов предварительно уплотненных ( $P_u = 0,0; 0,02 \text{ МПа}$  и  $\sigma$ ), затем водонасыщенных (выдержанных в уплотнителе под водой в течение 5-15 сут до стабилизации деформации 0,1 мм/сут), на

срезанных при различных нагрузках. Замачивание образцов производилось дистиллированной водой. Затем вода удалялась из ванны уплотнителя и образец переносился в срезную коробку;

– консолидированный срез образцов предварительно водонасыщенных, затем уплотненных одной и той же заданной нагрузкой ( $P_y = 0,3 \text{ МПа}$ ), но срезанных при различных нагрузках;

– срез образцов, предварительно уплотненных одной и той же заданной нагрузкой ( $P_y = 0,0; 0,15; 0,2; 0,3 \text{ МПа}$  и  $\sigma$ ), и выщелоченных в течение 1-1,5 мес.

В процессе подготовки одновременно в замер деформаций проводился замер солей, выносимых при фильтровании дистиллированной воды через образец. Для этого был использован солемер конструкции ПНИИИС. Определение сопротивления грунтов срезу производилось методами консолидированного и быстрого (неконсолидированного) среза.

Для характеристики зон ослабления в массиве грунта и определения остаточной прочности грунтов после каждого испытания образцов (I схема) проводились повторные сдвиги тех же самых образцов по подготовленной поверхности среза (II схема) и дополнительно увлажненной подготовленной поверхности среза (III схема).

По результатам проведенных опытов строились графики  $\Delta\lambda = f(T)$  и  $T = f(\sigma)$  и определялись параметры прочности  $C$  и  $\varphi$

При проведении срезных испытаний для образцов естественного сложения и природной влажности, а также для предварительно подготовленных (уплотненных, водонасыщенных и выщелоченных) образцов были определены физические характеристики: влажность, плотность, пластичность, гранулометрический состав, а также влажность грунта из зоны

среза образца.

Выбранный комплекс методов предварительной подготовки образцов и их испытаний позволяет в максимальной степени учесть влияние процессов уплотнения, водонасыщения и выщелачивания на показатели прочности исследуемых грунтов.

Для получения сравнительной характеристики прочности грунтов был использован метод пенетрации лабораторным конусом с углом заострения конического индентора  $30^\circ$ .

Пенетрационные испытания проводились по схеме постепенного (ступенчатого) нагружения конуса возрастающими нагрузками с одновременной регистрацией глубины его погружения (с точностью 0,1 мм). Испытания проводились не менее чем в 3-4 точках образца. Количество ступеней нагружения, величина которых определяется состоянием грунта, для каждого испытания принималась не менее 4-5.

Прочность рассчитывалась по формуле:

$$P_m = \frac{K_L}{h_m^2},$$

где  $P$  – сила, действующая на конус, Н;

$h_m$  – наибольшая глубина погружения конуса при каждой ступени нагружения, мм;

$K_L$  – константа конуса с углом заострения  $30^\circ$ , приближенно равная 1.

Испытывались образцы естественного сложения и влажности, заданной плотности, водонасыщенные и выщелоченные ( $P_y = 0,0$ ;  $\sigma$ ).

Проводилось также определение прочности грунта зоны среза после проведения сдвиговых испытаний.

Определение изменения прочности грунта лабораторным конусом по заданным схемам позволяет проанализировать влияние нарушения



структурных связей на прочностные и деформационные характеристики исследуемых грунтов.

В практике строительства наблюдаются довольно частные случаи медленных деформаций сооружений. Это обусловлено тем, что грунты при длительном воздействии напряжений способны изменять свое напряженно-деформированное состояние и прочность. Исследования реологических свойств глинистых грунтов показывают, что при постоянно действующих напряжениях прочность грунтов, обладающих необратимыми структурными связями, снижается в процессе ползучести.

В соответствии с физико-технической теорией ползучести Маслова Н.Н. скорость деформации ползучести на поверхности грунтовой толщи выражается следующим уравнением:

$$dU = \frac{T - T_{\text{lim}}}{r_t} dz,$$

где:  $U$  – скорость сдвиговой деформации, см/с;

$T$  – действующее касательное напряжение, МПа;

$r_t$  – коэффициент динамической вязкости, Па с,  $\eta_t = f(t)$

$z$  – глубина рассматриваемого слоя грунта, см;

$T_{\text{lim}}$  – порог ползучести, Мпа;  $T_{\text{lim}} = P_z \cdot \text{tg} \cdot \varphi_w \cdot C_s$

$P_z$  – вертикальное давление на глубине  $z$ , МПа;

$\text{tg} \varphi_w$  – тангенс угла внутреннего трения;

$C_s$  – структурное сцепление, МПа.

Знак (-) в выражении отвечает обратному соотношению значений скорости деформаций ( $U$ ) и глубины ( $z$ ) рассматриваемого слоя грунта.

Для составления прогноза ползучести необходимо знание следующих параметров: порога ползучести  $T_{\text{lim}}$ ; предела прочности  $T_{\text{пр}}$ , коэффициента

динамической вязкости  $\eta_t$  и его изменения во времени; критической деформации разрушения  $\lambda_{кр}$  и периода времени от начала опыта до момента разрушения образца  $T_{кр}$ . Порог ползучести (по Н.Н.Маслову) представляет касательное напряжение, при котором и выше которого деформации ползучести, имевшие до этого практически пренебрегаемый характер, резко возрастают. Ориентировочно порог ползучести может быть определен из выражения

$$T = \sigma \operatorname{tg} \phi + C_c,$$

хотя для более точного определения его следует проводить эксперимент.

Коэффициент динамической вязкости грунтов характеризует интенсивность процесса ползучести, В стадии неустановившейся ползучести коэффициент динамической вязкости является величиной переменной. Его можно вычислить на любой момент времени  $t$  по формуле

$$\eta_t = \frac{T - T_{\lim}}{U} d,$$

где  $d$  - высота перекашиваемого образца, см.

На стадии установившейся ползучести вычисляется коэффициент вязкости установившейся ползучести по формуле

$$\eta_t = \frac{T_{кр} - T_{\lim}}{U} d,$$

Где:  $T_{кр}$  касательное напряжение, при котором интенсивность ползучести непрерывно возрастает, что отвечает началу стадий прогрессирующей ползучести.

Изучение ползучести представляет значительные трудности для изыскателей и проектировщиков, так как до настоящего времени нет достаточно разработанной методики определения параметров ползучести и нет специальных приборов и оборудования.

Параметры реологических свойств грунтов, получаемых экспериментально, зависят от методов испытаний и приборов. В лабораторных условиях для определения параметров ползучести применяются методы одноосного и трехосного сжатия, одноплоскостного, многоплоскостного и кольцевого сдвига, кручения «шариковой пробы» и др.

Проведенные ПНИИСом в течение ряда лет методические исследования позволили выбрать и рекомендовать для практического использования при инженерных изысканиях метод лабораторного определения параметров ползучести, разработанный Н.Н.Масловым.

Согласно методике Н.Н.Маслова и З.М.Карауловой испытания на ползучесть выполняются в срезных приборах системы Гидропроекта, но с небольшим конструктивным изменением, позволяющим создавать большой (13 мм) зазор между верхней и нижней обоймами прибора.

Подготовка образца к испытаниям выполняется в соответствии с ГОСТ 12248-78, для предотвращения высыхания образца в процессе опыта его заключают в тонкую (не более 0,25 мм) резиновую оболочку, плотно прилегающую к образцу, но не создающую бокового давления на него. Для предотвращения сжатия или расширения образца и выдавливания грунта из зазора необходимо на образец в зоне зазора одеть несколько тонких пластмассовых и металлических колец.

На подготовленный образец передается вертикальная нагрузка, при которой образец выдерживается до условной стабилизации вертикальных деформаций. Вертикальная нагрузка на образец должна вызывать дополнительное уплотнение образца в процессе испытаний.

В течение всего опыта скорость деформации среза ( $U$ ) сохраняется постоянной путем непрерывного увеличения срезающего усилия до

наступления незатухающей ползучести (рис. 1, кривая 1). Срезающее усилие, необходимо для поддержания заданной скорости деформации постоянной, прикладывается к образцу ступенями, величина которых подбирается эмпирическим в зависимости от свойств грунта и выбранной скорости деформирования. Диапазон задаваемых скоростей от  $a \cdot 10^{-8}$  до  $a \cdot 10^{-5}$  см/с. По мере нарастания срезающего усилия, регистрируется рост абсолютной деформации сдвига. Зависимость деформации сдвига ( $\lambda$ ) от времени ( $t$ ) до момента среза образца имеет линейный характер (рис. 1, кривая 2).

Начиная с некоторого момента времени, для поддержания постоянной скорости деформирования образца, величину  $t$  почти не приходится увеличивать. Предполагается, что в этот период грунт начинает «ползти» при более или менее постоянном значении срезающего напряжения. При достижении критического значения напряжения (предела прочности  $T_{кр}$ ) происходит срез образца. По результатам опытов строятся кривые роста срезающего напряжения и роста деформации во времени. Графоаналитическим путем определяется порог ползучести, предел прочности, критическая деформация ползучести, время от, начала опыта до разрушения образца и вычисляется коэффициент вязкости на прямолинейном отрезке реологической кривой, соответствующем незатухающей ползучести.

По результатам длительных (медленных) испытаний серии однородных образцов при различных вертикальных нагрузках строятся графики зависимости  $T_{кр} = f(\sigma)$  и определяются параметры длительной прочности грунтов:  $C$  и  $\phi$

Параметры ползучести глинистых грунтов изменяются в широком диапазоне в зависимости от внутренних (состава, состояния, структурных связей грунта) и внешних (условий обводнения, уплотнения, выщелачивания

и др. факторов). В связи с этим, определение параметров ползучести грунта проводилось на монолитных образцах с естественной структурой и влажностью; на образцах, предварительно уплотненных ( $P_1 = 0,0; 0.2$  МПа) и выщелоченных. Для оценки остаточной длительной прочности были проведены повторные испытания тех же образцов по подготовленной (увлажненной) поверхности среза (I и III схема).

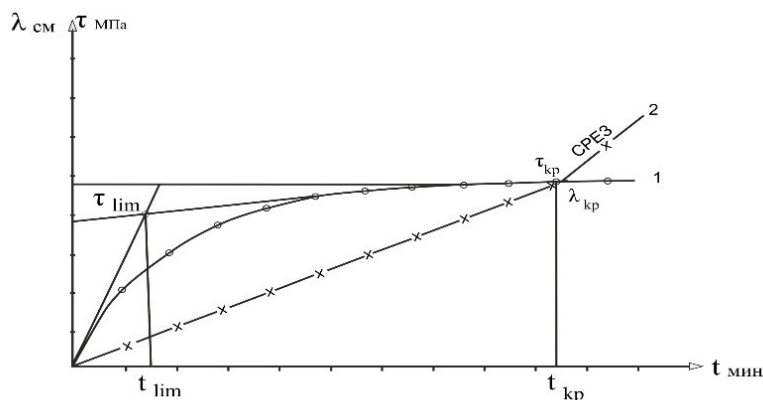
**Образец графического оформления результатов испытаний грунта в условиях одноплоскостного среза.**

Графики 1.  $T=f(t)$

2.  $\lambda=f(t)$

Выбранный комплекс методом определения прочностных и деформационных свойств глинистых грунтов дает возможность определить степень изменения физико-механических свойств грунтов при постоянно действующих напряжениях, выщелачивания грунта и выявить влияние состава, состояния и структуры грунта, а также методов и условий проведения опытов.

Изменение химического состава глинистых грунтов под действием их контакта [3] с фильтрующей через них жидкостью приводит к нарушению исходной структуры грунта, что неизбежно влечет за собой изменение физико-механических свойств, а следовательно, и качества грунта как основания.



**Рис. 1. Комплекс методом определения прочностных и деформационных свойств глинистых грунто. Масштаб графиков принимают:**  
 для  $T$  (по оси ординат) 10 мм – 0,02 МПа; для  $\lambda$  (по оси ординат) 10 мм – 0,1 см; для  $t$  (по оси ординат) 10 мм – 10 (50) мин

В связи с хозяйственной деятельностью человека степень засоленности грунтов и почв может как увеличиваться, так и уменьшаться. В настоящих исследованиях рассматривался второй случай. В результате потери пресных техногенных вод в процессе эксплуатации сооружения КАЭС и, следовательно, подтопления территории неизбежно изменение минерализации грунтовых вод и солевого комплекса грунтов.

Основанием КАЭС служат глины и суглинки с небольшим коэффициентом фильтрации (до  $n \cdot 10^{-4}$  м/сут.), трещиноватые в зоне аэрации. Массоперенос в таких условиях осуществляется как путем фильтраций, так и путем диффузионного влага- и масса переноса. В этом контексте собственно процесс выщелачивания глинистых грунтов исследовался по двум схемам:

- фильтрационное выщелачивание;
- диффузионное выщелачивание.

В первом случае моделировалось движение жидкости по наиболее

ослабленным зонам грунта (трещинная фильтрация) и по макропорам.

Во втором - воспроизводился контакт блока грунта с движущейся жидкостью по его периметру (поверхности), что имеет место при движении фильтрата по трещинам, в то время как массоперенос в блоке грунта осуществляется диффузионными и осмотическими процессами.

Следует отметить в обеих схемах, очевидно, имеют место как перетекание жидкости через образец, так и ее диффузионное движение [4, 7]. При фильтрации воды через образец глинистого грунта неизбежно наличие более проницаемых зон и некоторых объемов грунта, где масса перенос происходит за счет диффузии.

При движении жидкости вдоль поверхности образца возможно перетекание через объем грунта. Однако в обоих случаях преимущественным является моделируемый фактор: в первом - вынос солей фильтрационным потоке; во втором - диффузионным масса переносом.

Исходя из поставленной задачи и результатов предыдущих исследований, методическая часть эксперимента основывалась на следующих положениях:

1. В процессе взаимодействия грунта с дистиллированной водой происходит изменение его строения вследствие уменьшения количества водорастворимых солей.

2. Изменение структуры грунта при выщелачивании приводит к снижению прочности и возрастанию деформируемости (дополнительной суффозионной осадке).

3. Изменение состава и объема солевого комплекса в грунте может оказывать влияние на воднофизические свойства грунтов [5, 6, 7], в частности, изменяются микро агрегатный состав, параметры пластичности,

липкости, набухания и проч.

В результате эксперимент был построен следующим образом:

Для исходного грунта в естественном сложении определялись параметры плотности ( $\rho$ ;  $\rho_0$ ;  $\rho_s$ ), влажности ( $w$ ), сдвиговой и пластической прочности ( $C$ ;  $\varphi$ ;  $P_m$ ), а также исследовался его состав: гранулометрический, микроагрегатный, химический (состав легкорастворимых солей, гипса, кальцита), минеральный. Кроме того, проводилось дополнительное исследование микроструктур глинистых грунтов.

После всестороннего изучения исходного грунта он подвергался диффузионному, либо фильтрационному выщелачиванию.

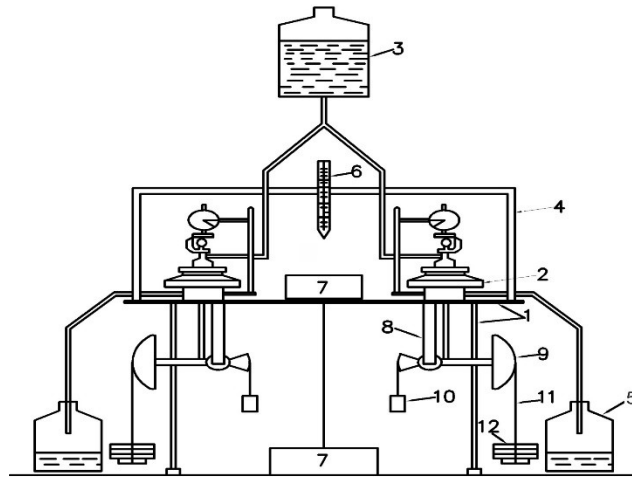
Диффузионное выщелачивание глинистых грунтов проводилось в диффузионной установке ДУ, схеме которой представлена на *рис. 2*. ДУ оснащена 4 камерами (2) (*рис. 3*), установленными на станине (1). В камеры помещались образцы грунта, к которым через рычажное устройство (8-12) прикладывалась уплотняющая нагрузка. Устройство камеры позволяет осуществлять контакт движущейся воды с верхней торцевой поверхностью образца с последующим сбором контактирующей жидкости (31) (*рис. 3*). Вода, просачивающаяся через образец, попадает в нижний канал (35), откуда также может быть отобрана.

Процедура эксперимента по диффузионному выщелачиванию глинистых грунтов под нагрузками заключалась в следующем. Образцы исходного грунта помещались в четыре камеры и уплотнялись под нагрузками  $R_{уп} = 0,1; 0,2; 0,3$  и  $0,4$  Мпа.

При выщелачивании грунтов величину максимального нормального давления принимали с учетом суммы проектного и природного давления. Передача нормального давления на породу, помещённую в камени,



производилась до начала пуска воды, т.е. до начала замачивания образца. Нормальное давление при предварительном уплотнении передавалось на образец последовательно ступенями согласно ГОСТу «Грунты. Методы лабораторного определения сжимаемости».



**Рис. 2. Схема диффузионной установки (ДУ):** 1 – станина; 2 – камера; 3 – резервуар – дозатор; 4 – съёмный кожух; 5 – сборник – стакан; 6 – термометр; 7 – нагревательный элемент; 8 – рамка рычажно-силового устройства; 9 – рычаг; 10 – противовес; 11 – подвеска; 12 – разновес гирь

После стабилизации осадки образцы заливались дистиллированной водой и фиксировалась деформация набухания или дополнительного уплотнения и уже после этого проводилось выщелачивание грунта.

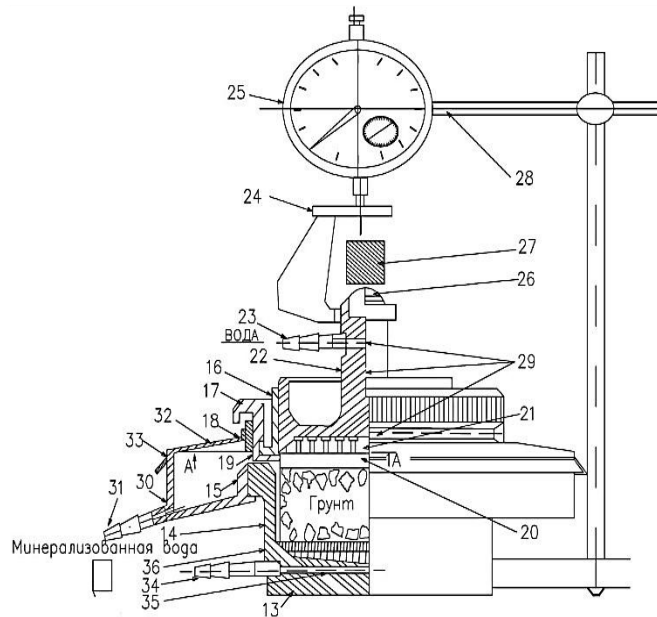
Выщелачивание грунта осуществлялось дистиллированной водой. Постоянный безнапорный расход воды, проходящей по торцевой поверхности образца, не превышал 0,5 л/сут, что достигалось при помощи капилляров, подающих воду в камеру. В процессе эксперимента фиксировался объём воды, прошедший через камеру, и дополнительная

осадка образца. Помимо этого, определялась величина плотного остатка контактирующей жидкости, что позволяло рассчитывать валовой объём солей, вынесенных из грунта.

Опыт по выщелачиванию грунтов в установке считался законченным, если показания индикаторов меняются не более чем на 0,01 мм в течение 6 суток. (1).

После завершения эксперимента образец грунта извлекался из камеры и опробовался по той же схеме, что и исходный грунт.

Таким образом, результатом проведения процедуры выщелачивания грунтов явилась оценка изменения состава (микроагрегатного, химического), структуры, воднофизических свойств ( $W$ ,  $P$ ,  $P_s$ ,  $n$ ;  $W_f$ ;  $W_p$ ;  $J_p$ ), физико-механических свойств ( $C$ ;  $\varphi$ ;  $P_m$ ; сжимаемость) в связи с диффузионным выносом определенного объёма солей из грунта (степени выщелачивания  $\beta$ ) при его контакте с дистиллированной водой.



**Рис. 3. Камера для изучения процессов диффузионного выщелачивания:**  
13 – корпус; 14 – грунтоносы кольцо; 15 – прокладка; 16 – направляющее

*кольцо; 17 – обойма на резьбе; 18 – отверстия в кольце; 19 – отверстия в корпусе; 20 – пористая пластинка; 21 – перфорированная пластинка; 22 – поршень; 23 – штуцер; 24 – опорная площадка; 25 – индикатор; 26 – шарик силового нагружения; 27 – траверса силовой рамки; 28 – арматура для крепления индикатора; 29 – каналы для подачи воды; 30 – водоприёмник; 31 – трубка; 32 – пластиковая пленка; 33 – уплотнитель; 34 – штуцер; 35 – канал; 36 – нижняя перфорированная пластинка*

Фильтрационное выщелачивание глинистых грунтов реализовывалась в приборе Ф-ИМ по схеме восходящего потока (рис. 4). Предварительно опробованный по вышеописанной схеме образец естественного сложения помещался в прибор. Для ликвидации при стенной фильтрации боковые поверхности образца обрабатывались по методике, предложенной Петрухином В.П. Образец вырезался меньшим относительно кольца прибора Ф-ИМ ( $S = 50 \text{ см}^2$ ) диаметром. На его боковые поверхности наносился тонкой слой пластичного клея, а зазор между кольцом и образцом заливался парафином. Такая обработка позволяет считать, что движение жидкости происходит исключительно через объём грунта.

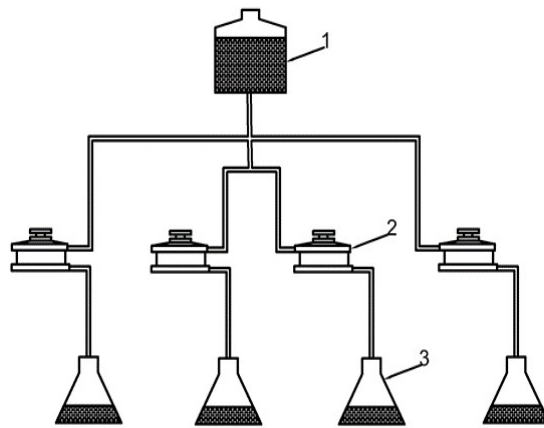
Фильтрационное выщелачивание проводилась без дополнительного обжатия грунта, под арретиром, т.е. грунт в процессе эксперимента находился в условиях постоянства объёма.

Фильтрация воды осуществлялось под действием высоких градиентов напора (до  $J = 100$ ), создаваемого столбом воды. При этом предельное его значение устанавливалось не одновременно, а постепенно, ступенями ( $J = 10, 30, 60, 100$ ). Для определения количества выщелоченных солей в течение опыта отбирался инфильтрат, фиксировался его объём и минерализация. По

окончанию испытаний грунт опробовался по общей схеме.

Результатом проведения эксперимента [6, 7, 8] по фильтрационному выщелачиванию грунтов, как и в случае диффузионного выщелачивания, явился анализ его влияния на изменения водно-физических и физико-механических свойств исследуемых грунтов.

Для ускорения процесса фильтрации жидкости через образец была применена иная схема эксперимента. Согласно ей градиент напора создавался путем вакуумирования (рис. 5).

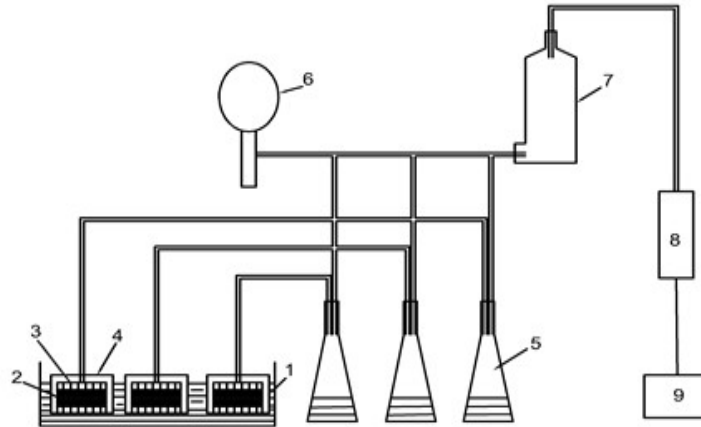


*Рис. 4. Схема фильтрационной установки: 1 – резервуар – дозатор; 2 – одометр; Ø - 1м; 3 – сборная ёмкость.*

Образцы вырезались с помощью режущих колец ( $S = 40 \text{ см}^2$ ) в последствии извлекались из них. На их торцевые поверхности устанавливались бумажные фильтры и перфорированные штампы, вместе с которыми образец покрывался резиновой оболочкой [7].

Вся конструкция помещалась в ёмкость с дистиллированной водой, а через верхний штамп к грунту прикладывалось отрицательное давление, жидкость, проходящая через образец под действием разности атмосферного и создаваемого вакуумным насосом давления, собиралась в ёмкости, что

позволяло фиксировать ее объем и определять минерализацию.



*Рис. 5. Схема вакуумно-фильтрационной установки: 1 – резервуар с дистиллированной водой; 2 – образец грунта; 3 – перфорированный штамп; 4 – резиновая оболочка; 5 – сборная ёмкость; 6 – электроконтактный вакуумный манометр; 7 – ресивер; 8 – вакуумный насос; 9 – реле*

**Выводы.** При таком способе создания фильтрационного напора градиент фильтрации мог достигать 650. Его величина варьировала в зависимости от высоты образца и устойчивости его к механической суффозии. Градиент создавался ступенями либо до  $J_{\max}$ , либо до  $J \leq J_{\text{суфф}}$ .

Выбор метода предварительной подготовки грунта и режим испытаний зависят от физического состояния грунта и от его взаимодействия с водой и сооружением. Предварительная подготовка засоленных просадочных грунтов должна моделировать условия работы грунта с сооружением и пресной водой, вызывающей процессы выщелачивания солей из грунта.

При определении механических характеристик по вышеуказанным схемам до и после опытов на компрессию и сдвиг определялись: влажность, плотность, гранулометрический и микроагрегатный составы, емкость обмена, состав обменной катионов, солевой состав и др.

### **Библиографический список:**

1. Глазев А.Н., Морозова Л.Н. О влиянии выщелачивания солей на деформируемость и прочность лессовидных грунтов оснований гидротехнических сооружений. Госстройиздат, 1957, - с. 186-199.

2. Мустафаев А.А. Закономерности деформирования засоленных грунтов в условиях фильтрационной консолидации. Автореферат. дис. ,канд. тех. наук – М., 1987. – 26 с.

3. Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1988. -№ 4. – с.12-15.

4. Рахманов Б. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. Закономерности изменения физико-механических свойств засоленных пылевато-глинистых грунтов при замачивании и выщелачивании. Москва. 1991. 21 с.

5. Павиловский В.М., Курбанов А.А., Корсунов В.И. Изменение проницаемости засоленных грунтов, находящихся под нагрузкой, при фильтрационном выщелачивании солей. – В кн. Гидротехнически сооружения, возводимые из грунтовых материалов. Тр. ВОДГЕО. -М.1980.-3-с.43-46.

6. Петрухин В.П., Альперович С.В. Деформируемость оснований при выщелачивании гипса. – Основания, фундаменты и механика грунтов. – М., 1982. – 4. С. 21-23.

7. Петрухин В.П., Аракелян Э.А. Приборы для определения прочности загипсованных грунтов в лабораторных условиях. Строительные свойства грунтов и расчет несущей способности и осадок фундаментов. – Тр. Института НИИОСП. М. , 1982. Вып. 38. с.

3-12.

8. *Rakhmanov B., Safarova M. Moisture of grounds and laws of change in physical and mechanical properties under the influence of water. (On the example of highly sedimentary and saline grounds). Monograph. – Samarkand. Publication of SamSU. 2021. – 152 pages.*