

На правах рукописи



Щекочихина Евгения Викторовна

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
СТРОИТЕЛЬСТВА НА ТЕРРИТОРИЯХ СОВМЕСТНОГО
ЗАЛЕГАНИЯ ЛЕССОВЫХ ПРОСАДОЧНЫХ
И ГЛИНИСТЫХ НАБУХАЮЩИХ ПОРОД
(НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ
И ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ)**

Специальность 1.6.7. Инженерная
геология, мерзлотоведение
и грунтоведение

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Волгоград – 2023

Работа выполнена в Институте архитектуры и строительства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет».

Научный консультант:

Олянский Юрий Иванович – доктор геолого-минералогических наук, доцент, профессор кафедры «Гидротехнические и земляные сооружения» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (г. Волгоград)

Официальные оппоненты:

Королёв Владимир Александрович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры «Инженерная и экологическая геология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», геологический факультет (г. Москва)

Лаврусевич Андрей Александрович – доктор геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой «Инженерные изыскания и геоэкология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва)

Меньшикова Елена Александровна – доктор геолого-минералогических наук, доцент, заведующая кафедрой «Минералогия и петрография» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (г. Пермь)

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова» (г. Элиста)

Защита диссертации состоится «25» апреля 2023 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д ПНИПУ.03.22 Пермского национального исследовательского политехнического университета Д ПНИПУ.03.22 по адресу: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (сайт <http://pstu.ru>)

Автореферат разослан «15» марта 2023 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета Д ПНИПУ.03.22
кандидат геолого-минералогических наук



К.А. Алванян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Лёссовые просадочные породы широко распространены на юге Русской плиты и прилегающих к ней молодых геологических структурах. Они служат основанием зданий и сооружений на обширной территории от Предкарпатья до Южного Урала. Подстилающими отложениями являются скальные, обломочные и глинистые породы различного возраста и происхождения. Проблема борьбы с просадочностью при строительстве уже детально проработана благодаря результатам исследований нескольких поколений инженеров-геологов, грунтоведов и строителей, занимающихся проектированием оснований и фундаментов инженерных сооружений.

В настоящее время существует достаточное количество нормативной литературы по подготовке оснований на просадочных грунтах, тем не менее в научной литературе часто встречается информация о деформациях сооружений на таких грунтах. Такие деформации особенно часто проявляются в Северо-Западном Причерноморье (Молдова), низовьях Днестра (Никополь-Запорожский регион), в Ростовской области и в Центральном Предкавказье (восточная часть Ставропольского края). Интенсивность этих деформаций напрямую связана с характером отложений, подстилающих лёссовые породы. Если такими отложениями являются скальные или обломочные породы, деформации случаются реже и менее значительны, если водоупорные глинистые породы – деформации более значительны и встречаются чаще.

Объясняется это тем, что в первом случае подтопления территории при застройке не происходит, а аварийное замачивание грунтов основания ведет к проявлению только просадочных деформаций, на определение которых направлены стандартные методики компрессионных испытаний. Во втором случае застройка территории сопровождается массовым подтоплением и фильтрацией подземных вод. В результате этого дополнительно проявляются послепросадочные деформации, определения которых по действующим строительным нормативам в настоящее время не требуется. Вследствие чего фактическая осадка сооружения превышает прогнозируемые показатели. Настоящие исследования направлены на решение данной проблемы.

Кроме этого, водоупорные сарматские глины подвергаются длительному обводнению и выщелачиванию солей, вследствие чего прочность их уменьшается. Единой методики прогнозирования прочности глинистых пород при длительном выщелачивании в настоящее время не существует, что свидетельствует об актуальности диссертационных исследований.

Идея и теоретическая значимость работы состоит в том, что на примере морских набухающих глин, аэральных и субаэральных просадочных отложений уточняются и углубляются теоретические положения формирования состава и свойств глинистых пород и их изменение при выщелачивании на основе раскрытия и установления роли физико-химических процессов в системе «поровая вода – порода», разработке которых посвящены исследования В.А. Приклонского, И.В. Попова, Е.М. Сергеева, В.И. Осипова,

В.Т. Трофимова, В.А. Королева и В.Д. Ломтадзе и др.

Цель работы – разработка теоретических и методических основ для инженерно-геологической оценки совместно залегающих лёссовых просадочных и глинистых набухающих пород, базирующихся на анализе выявленных и обоснованных закономерностей формирования их вещественного состава, физико-механических свойств и эволюционных преобразований при техногенезе.

Для достижения поставленной цели определены следующие **задачи**:

1. Анализ условий залегания, состава и физико-механических свойств глин, сформировавшихся в восточной и западной частях акватории древнего Сарматского моря.

2. Обобщение и анализ состава, физико-механических свойств и просадочности лёссовых пород Северо-Западного Причерноморья в междуречье Прута и Днестра.

3. Выявление закономерностей изменения состава и свойств незасоленных сарматских глин Северо-Западного Причерноморья при диффузионном выщелачивании.

4. Разработка методики прогноза прочности незасоленных глин при длительном взаимодействии с водой.

5. Разработка методики прогноза величины послепросадочного уплотнения по результатам лабораторных испытаний и выявленным особенностям изменения состава и свойств лёссовых пород при длительной фильтрации воды.

6. Анализ процессов обводнения лёссовых толщ и причин деформаций зданий (сооружений).

7. Разработка рекомендации для проектирования строительства на территориях совместно залегающих сарматских глин и лёссовых пород.

Фактический материал. Исследование выполнялись непосредственно автором в период с 2009 по 2021 гг в Волгоградском архитектурно-строительном университете (Волгоградский государственный технический университет). В качестве исходного материала использованы данные по изучению состава и свойств образцов лёссовых пород и сарматских глин Молдавии, представленные Ю.И. Олянским, и показатели состава(свойств) большого количества фактических образцов сарматских глин из Ставропольской возвышенности: А.М. Монюшко (1974); А.М. Монюшко, Ю.И. Олянский (1991).

Исследуемый фактический материал представлен двумя регионами, характеризующихся широким распространением лёссовых пород, подстилаемых сарматскими глинами: Северо-Западное Причерноморье на территории между реками Прут и Днестр и Центральное Предкавказье в западной части Ставропольского края на территории Ставропольской возвышенности. На начальной стадии изучались сарматские глины в пределах границ древнего Сарматского моря: в восточной части (Ставропольская возвышенность) и в западной части (междуречье Прут – Днестр). Результаты исследований пока-

зали, что состав и свойства глин из этих регионов различные и наибольшую опасность для строительства представляют глины, образовавшиеся в западной части Сарматского моря. Вследствие этого дальнейшие исследования были сконцентрированы в Северо-Западном Причерноморье, где обширные территории, сложенные лёссовыми просадочными породами, подстилаются водоупорными набухающими сарматскими глинами.

Научная новизна:

1. Выявлен нестационарный режим изменчивости показателей состава и физико-механических свойств глинистых пород, сформировавшихся в пределах акватории древнего Сарматского моря, обусловленный различной соленостью морской воды в его западной и восточной частях и воздействием постгенетических процессов.

2. Предложен метод прогноза показателей прочности незасоленных сарматских глин, подверженных длительному диффузионному выщелачиванию в основаниях инженерных сооружений.

3. Разработана методика оценки величины послепросадочного уплотнения лёссовых пород по результатам лабораторных испытаний.

4. Изучено и оценено влияние пассивных факторов подтопления на формирование техногенного водоносного горизонта в лёссовом массиве.

5. Разработан метод прогноза подтопления территорий на основе вероятностных аналогий.

6. Научно обоснован оптимальный набор мероприятий по борьбе с просадочностью при строительстве.

Практическое значение определяется возможностью использования полученных результатов при проектировании строительных объектов на территориях совместного залегания лёссовых просадочных и глинистых набухающих пород в Европейской части РФ и на прилегающих к ней территориях. Результаты исследований внедрены в производственные и учебные организации для выполнения проектно-изыскательских работ на территории Волгоградской области и ведения образовательной деятельности.

Личный вклад автора заключается в постановке проблемы, формулировке целей и задач исследований, анализе полученных результатов, формулировке защищаемых положений и основных выводов. Автором непосредственно выполнены следующие работы:

1. Собран и проанализирован значительный объем опубликованной информации по условиям залегания, составу и свойствам сарматских глин и лёссовых пород междуречья Прут – Днестр.

2. Обработаны результаты химических анализов фильтрата воды и выявлены закономерности их изменения для образцов сарматских глин и лёссовых пород.

3. На основе анализа собственных данных и опубликованных результатов других авторов выявлены основные закономерности изменение состава и свойств образцов сарматских глин и лёссовых пород, подверженных длительному воздействию воды.

4. Научно обоснована схема однорядного генетико-морфологического последовательного районирования территории Молдовы и рассчитаны статистические характеристики показателей состава и свойств лёссовых пород в каждом инженерно-геологическом районе.

5. Проанализированы зависимости и получены регрессионные уравнения связи коэффициента послепрасадочного уплотнения с показателями состава и свойств лёссовых пород.

6. Выполнены все расчеты эмпирических вероятностей прогнозных факторов для метода вероятностных аналогий.

7. По собственным данным и опубликованным результатам других авторов дана инженерно-геологическая характеристика объектов исследований и обоснованы мероприятия по борьбе с просадочностью в каждом инженерно-геологическом районе.

Достоверность научных положений и выводов обеспечена большим количеством фактических данных, полученных в метрологических аттестованных лабораториях АН Молдовы, институте МолГИИНТИЗ, СКФ ПНИИИС, статистически представительными выборками данных, применением современных методов обработки инженерно-геологической информации и комплексным подходом для получения основных выводов и результатов по объектам диссертационного исследования.

Апробация работы и публикации. По теме диссертации опубликованы 49 научных работ, в том числе 30 статей в журналах, рекомендуемых ВАК РФ, восемь индексируемых в базах SCOPUS и WoS и одна монография. Апробация работы осуществлена на научных конференциях различного уровня. Материалы исследований обсуждались на Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы современного строительства» (Пенза, 2007 г.); Ежегодных чтениях в РАН (Сергеевские чтения) 2008 г., 2009 г., 2012 г., 2013 г.; V Международной научно-технической конференции «Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов» (Волгоград, 2009 г.); Международной научной конференции в МГУ «Актуальные вопросы инженерной геологии и экологической геологии» (Москва, 2010 г.); VI Международной научно-технической конференции «Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов» (Волгоград, 2011 г.); Международной научно-практической конференции «Современные проблемы географии, экологии и природопользования» (Волгоград, 2012 г.); XVII Международного симпозиума студентов и молодых учёных имени академика М.А. Усова, посвященного 150-летию со дня рождения академика В.А. Обручева и 130-летию академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2013 г.); 9-й Международной научно-практической конференции «Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире» (Москва, 2015 г.); Двенадцатой Общероссийской конференции изыскательских организаций «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации» (Москва, 2016 г.);

4th International multi-conference on Industrial Engineering and Modern technologies (Владивосток, 2018 г.); International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019" (Владивосток, 2019 г.); II Национальной научно-практической конференции «Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования» (Астрахань, 2019 г.); Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы городского строительства» (Пенза, 2019 г.); 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment (Ташкент, 2019 г.); и Международной научной конференции в МГУ «Новые идеи и теоретические аспекты инженерной геологии» (Москва, 2021 г.).

Защищаемые положения:

1. Длительное диффузионное выщелачивание незасоленных глинистых пород, сформировавшихся в западной части Сарматского морского бассейна, в современном Юго-Западном Причерноморье, обуславливает глубокие преобразования в их структуре, вещественном составе, физических свойствах, прочности и набухаемости. Вследствие этого освоение таких территорий требует выполнения на стадии инженерно-геологических изысканий на участках активного техногенного обводнения прогнозной оценки изменения их строительных свойств.

2. Лессовые породы, распространённые на Русской плите, по характеру изменения степени дисперсности, химического состава, физических свойств и просадочности отличаются от лёссовых пород покрова Скифской платформы, следствием чего является различная их способность к проявлению послепросадочных деформаций, у первых они значительно меньше, чем у вторых. Прогноз коэффициента послепросадочного уплотнения может выполняться методом вероятностных аналогий на основе выявленных прогнозных факторов.

3. Существенным фактором, влияющим на устойчивость инженерных сооружений на лёссовых основаниях, является совместное залегание лёссовых просадочных пород и подстилающих их сарматских глин, водоупорные свойства которых способствуют развитию активного обводнения с образованием техногенного водоносного горизонта, фильтрация в котором обуславливает проявление в лёссовых породах не только просадочных, но и послепросадочных деформаций. В связи с этим, при прогнозе полной деформации лёссовой толщи следует использовать предлагаемую методику прогноза подтопления, учитывающую: вид ожидаемого подтопления, среднюю скорость подъема и глубину подтопленного уровня. Это позволяет выбрать оптимальный вариант дренирование лёссовых пород, устранения их просадочности и способа фондирования.

4. Основными методами борьбы с просадочностью лёссовых оснований на стадии проектирования строительства, являются: поверхностное уплотнение, создание под фундаментами уплотненного водонепроницаемого экрана из глинистых пород, замачивание котлованов, уплотнение грунтовыми сваями и энергией взрыва, а также устройство буронабивных свай с передачей нагрузки на подстилающую лёссовую толщу твёрдых сарматских глин. При значитель-

ной мощности просадочной толщи (более 16 м) методы могут использоваться комплексно. При возведении сооружений в инженерно-геологических районах с небольшой мощностью лёссовых отложений и опирании фундаментов на набухающие сарматские глины, прогноз их прочности может осуществляться на основе типизации сарматских глин по устойчивости к обводнению.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 342 машинописных страницах и состоит из введения, двух частей, 13 глав, списка литературы из 359 наименований и приложения, содержит 63 рисунка и 72 таблицы.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность своему научному консультанту, учителю и коллеге Ю.И. Олянскому за приобщение к научной школе и всестороннюю поддержку. Слова благодарности адресуются также заведующему кафедрой «Гидротехнические и земляные сооружения» доктору технических наук проф. А.Н. Богомолу за создание на кафедре благоприятной доброжелательной обстановки, способствующей научной работе, и всем сотрудникам и аспирантам кафедры.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первое защищаемое положение. *Длительное диффузионное выщелачивание незасоленных глинистых пород, сформировавшихся в западной части Сарматского морского бассейна, в современном Юго-Западном Причерноморье, обуславливает глубокие преобразования в их структуре, вещественном составе, физических свойствах, прочности и набухаемости. Вследствие этого освоение таких территорий требует выполнения на стадии инженерно-геологических изысканий на участках активного техногенного обводнения прогнозной оценки изменения их строительных свойств.*

Преобладающими отложениями сармата являются в первом случае средне- и нижнесарматские, во втором случае – верхне- и среднесарматские. Рельеф Северо-Западного Причерноморья и юго-западной части Центрального Предкавказья одинаковый: сильно изрезанная возвышенность, расчлененная овражно-балочной сетью. Показатели эрозионного расчленения поверхности почти одинаковые. На обеих территориях преобладают отрицательные неотектонические движения, пришедшие на смену положительным, на фоне локальных устойчивых поднятий. Обе характеризуемые территории различаются по степени увлажнения. Это, несомненно, должно повлиять на физико-механические свойства сарматских глин обоих регионов, т. к. степень увлажнения является важнейшим постгенетическим фактором, изменяющим состояние и свойства глинистых пород.

Природа инженерно-геологических свойств сарматских глин тесно связана с историей и режимом морского бассейна, в котором происходило накопление осадков, а также с последующими условиями их существования. Сарматское море, занимало площадь от Венского бассейна до пустыни Каракумы. (рис.1.1) Это был сложный замкнутый бассейн, представляющий систему внутренних морей, соединенных друг с другом проливами и по соле-

ности близкий к Черному морю. Соленость в бассейне менялась как в пространстве (в горизонтальном направлении), так и во времени. Сарматское море включало крупные заливы и проливы. В районе Предкавказья выделяется два залива, Терской и Кубанский, и Ставропольский пролив. У берегов Кавказского острова в узкой прибрежно-мелководной зоне накапливались пестрые по составу обломочные отложения.

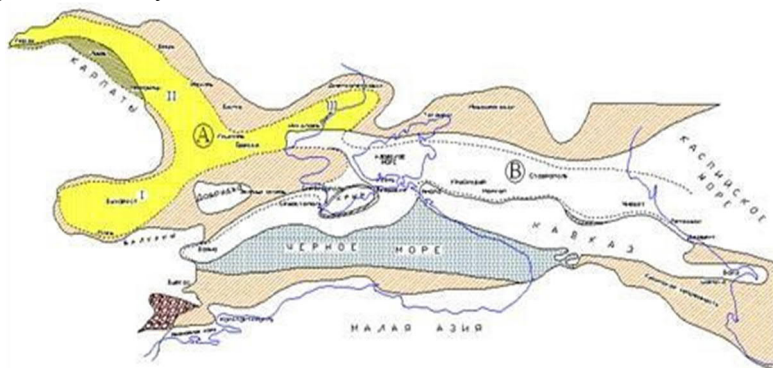


Рис. 1.1. Схема контуров Сарматского моря (по Н.И. Андрусову):
 А – Северо-Западное Причерноморье (Центрально-Молдавская возвышенность);
 Б – Центральное Предкавказье (Ставропольская возвышенность)

Изменение глубин к северу способствовало появлению глин. Такая обстановка сохранялась в начале сармата и в первой половине века. На территории Молдовы, расположенной на месте Галицийского залива, условия накопления и формирования осадков в сарматское время были довольно сложными и непостоянными, о чем свидетельствуют литологические особенности, условия залегания глинистых осадков и фаунистический состав отложений.

Состав и физико-механические свойства сарматских глин. Фундаментальными работами по сарматским глинам являются исследования А.М. Монюшко и Ю.И. Олянского. Их монографии использованы при инженерно-геологической оценке данных пород, первая (1974) – для глин Центрального Предкавказья, вторая (1991) – для глин междуречья Прут – Днестр. Анализ данных показал, что сарматские глины на территории Северо-Западного Причерноморья относятся к незасоленным, сухой остаток не превышает величину 0,3 г/100 г сухой породы. На территории Центрального Предкавказья засоленность глин изменяется от слабой до высокой в интервале от 0,29 до 8,3 г/100 г сухой породы, она не одинакова во всех горизонтах сармата и в пределах каждого из них. Наибольшая засоленность приурочена к элювиальной зоне нижнего и среднего сармата и достигает 7,8–8,3 г/100 г сухой породы. По степени засоления сарматские глины Северо-Западного Причерноморья и Центрального Предкавказья существенно различаются между собой, первые являются преимущественно незасоленными, вторые – засоленными.

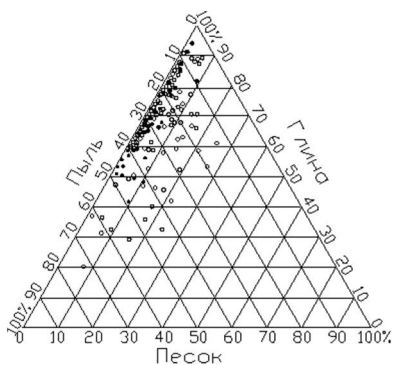


Рис. 1.2. График-треугольник гранулометрического состава сарматских глин:

○ — Центральное Предкавказье;

● — Северо-Западное Причерноморье

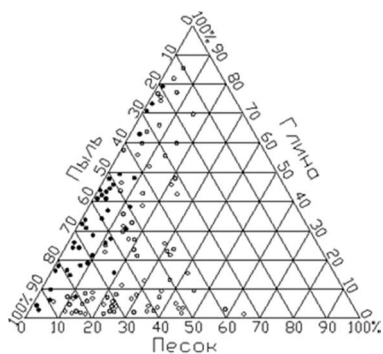


Рис. 1.3. График-треугольник микроагрегатного состава сарматских глин:

Гранулометрический состав глин из Центрального Предкавказья и Северо-Западного Причерноморья достаточно однородный (рис. 1.2), что свидетельствует о преимущественном носе терригенного материала с одной геологической провинции – Русской плиты. Микроагрегатный состав различный (рис. 1.3).

Таблица 1.1. Показатели физико-механических свойств среднесарматских глин

Показатели	Центральное Предкавказье N = 103	Междуречье Прут – Днестр N = 631
Плотность ρ , г/см ³	1,74	2,00
Природная влажность w	0,6	0,23
Предел текучести w_L	0,65	0,48
Предел раскатывания w_p	0,35	0,24
Число пластичности J_p	0,30	0,24
Пористость n , %	50,5	40,50
Кэф. уплотненности K_d	1,31	1,04
Свободное набухание ε_{sw}	0,12	0,33*
Давление набухания $P_{sw} \cdot 10^5$ Па	0,36	4,21**
Пластическая прочность $P_m \cdot 10^5$ Па	5,14	4,92***

Примечание: * - N-38; ** - N-28; *** - N-27;

Высокое содержание водорастворимых солей в глинах Центрального Предкавказья нашло свое отражение в степени их агрегированности. Коэффициенты агрегированности среднесарматских глин для дисперсных частиц (менее 0,005 мм) в 2,5 раза здесь выше, чем у глин Северо-Западного Причерноморья. Минеральный состав глинистой фракции включает всея следующие минералы: монтмориллонит и гидрослюда, в виде примесей присутствует каолинит, кальцит, сидерит и смешанно-слоиные. Количественные соотношения между первыми двумя минералами непостоянны. В целом у

глин из Центрального Предкавказья содержание монтмориллонита несколько выше, что объясняется более высокой вулканической активностью в сарматское время Кавказских гор (на востоке), либо стадийным преобразованием гидрослюд в следствие постгенетических процессов, воздействующих на глинистые образования в более влажной климатической зоне Центрального Предкавказья.

Средние значения природной влажности для среднесарматских глин Центрального Предкавказья и Северо-Западного Причерноморья соответственно равны 0,36 и 0,23; влажности предела текучести – 0,65 и 0,48; пористости – 50,5% и 40,5%; плотности – 1,74 г/см³ и 2,00 г/см³ (табл. 1.1).

Прочность глин по методу консолидированного среза следующая: Центральное Предкавказье: $c=0,5 \cdot 10^5$ Па, $\varphi=30,5$ град.; Северо-Западное Причерноморье: $c = (1,39 \text{ и } 1,34) \cdot 10^5$ Па, $\varphi=9,4 \text{ и } 20,3$ град. Остаточная прочность: у первых – до 50% по удельному сцеплению и до 80% по углу внутреннего трения, у вторых – до 20...25% по углу внутреннего трения. Наиболее набухающие глины верхнего сармата – из Северо-Западного Причерноморья. Величина свободного набухания ε_{sw} составляет 0,21...0,32 (среднее 0,33). Эти глины характеризуются высокой дисперсностью и повышенным содержанием в глинистой фракции монтмориллонита. Наименее набухающие $\varepsilon_{sw}=0,11$ – глины среднего сармата из Центрального Предкавказья, залегающие на поверхности и подверженные воздействию атмосферных осадков зоны избыточного увлажнения и агрегатизации. Давление набухания P_{sw} глин Центрального Предкавказья и Северо-Западного Причерноморья составляет в среднем $0,36 \cdot 10^5$ Па и $4,21 \cdot 10^5$ Па соответственно.

Таким образом, основными факторами, определившими различия в показателях состава и свойств сарматских глин изученных территорий, явились: генетические – различная соленость Сарматского моря в его западной и восточной части и зональные климатические – различная степень увлажнения территорий в послесарматское время.

Для исследования выщелачивания образцы сарматских глин отбирались из буровых скважин и шурфов на площадках проектируемого строительства в пределах территории междуречья Прут – Днестр с использованием забивного пробоотборника диаметром 127 мм.

Всего обследовано 17 строительных площадок, расположенных в различных районах междуречья, сложенных сарматскими глинами.

Интервал опробования составил от 0,5 до 34,0 м, пробы отбирались из сарматской толщи (N_{1S8}, N_{1S2}, N_{1S}). Всего отобрано 30 образцов глин ненарушенного сложения из северной, центральной и южной частей междуречья. Лабораторные исследования состава и свойств образцов глинистых пород выполнялись в лаборатории физико-механических свойств горных пород ИГ и Г АН Молдавии (моделирование процессов диффузионного выщелачивания), в СКФ ПНИИИСа г. Ставрополь (химические и минералогические исследования грунта), в специализированной химической лабора-

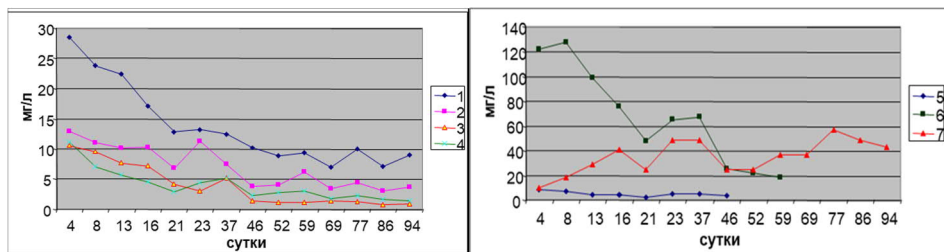
тории АН Молдавии (химические анализы фильтрата, химические исследования грунта).

Моделирование выщелачивания осуществлялось в специальной диффузионной установке конструкции ПНИИИСа, в условиях непрерывного омывания дистиллированной водой верхнего и нижнего торцов образца грунта высотой 2,5 см и площадью 40 см². Опыты проводились без пригрузки образца (в условиях свободного набухания).

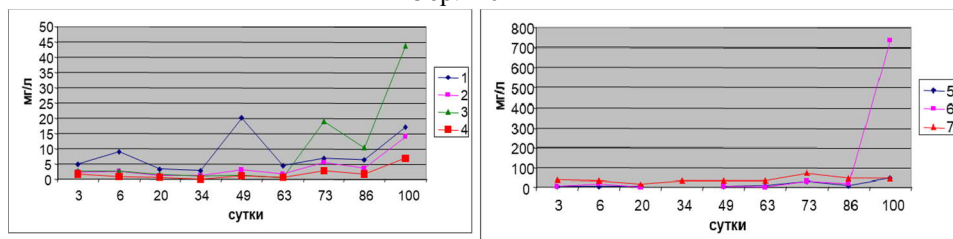
Минеральный состав глинистой фракции определялся рентгеноструктурным, электронно-микроскопическим и дериватографическим методами; химический анализ проводился стандартными методами (водная и солянокислая вытяжка); количество и состав обменных катионов определялось по методу Пфедфера; емкость поглощения – методом Аскинази в модификации Грабарова и Уваровой. Аналогично исследовались и исходные образцы.

Химические исследования грунта и фильтрата выполнялись в специализированной лаборатории Академии наук Молдавии, другие исследования – в лаборатории СКО ПНИИИСа (г. Ставрополь). Изучался состав и свойства образцов незасоленных сарматских глин, не содержащих и содержащих (более 0,5%) пирит, и их изменение при диффузионном выщелачивании.

Обр.1



Обр.120



1- Ca^{+2} , 2 — Mg^{+2} , 3 — Na^+ , 4 — K^+ , 5 — Cl^- , 6 — SO_4^{-2} , 7 — HCO_3^-

Рис. 1.4. Изменение химического состава фильтрата при выщелачивании образцов сарматских глин, не содержащих пирит (Обр.1), исходная минерализация 0,38 г/100 г сухой породы и содержащих пирит (Обр.120), исходная минерализация 0,098 г/100 г сухой породы

Выщелачивание привело к значительному изменению дисперсности образцов глин, не содержащих пирит. Увеличилось содержание глинистой

фракции в среднем на 15,6%. У образцов глин с пиритом содержание этой фракции изменилось незначительно. У группы образцов без пирита на 1,9 и 13,8% (среднее) уменьшилось содержание песчаной и пылевой фракций, у образцов второй группы содержание этих фракций почти не изменилось или изменилось незначительно.

Наибольшие изменения в ионно-солевом комплексе отмечены для следующих показателей: содержания гипса, общей карбонатности и аморфного кремнезема. Содержание гипса у глин без пирита при выщелачивании уменьшилось в среднем на 0,04%, а у глин с пиритом оно повысилось на 0,28%. Похожие изменения при выщелачивании зафиксированы у показателей общей карбонатности (рис. 1.4).

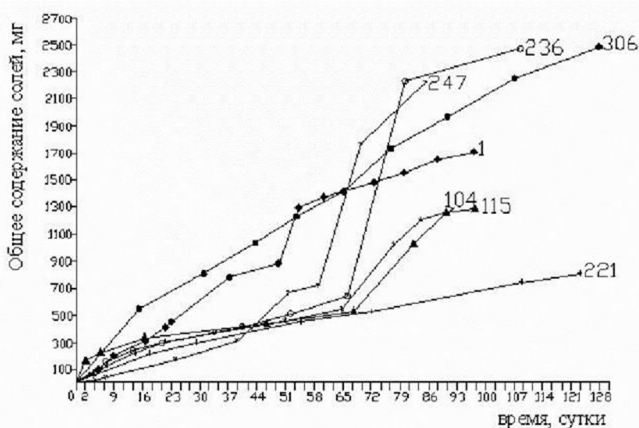


Рис.1.5. Кривые выщелачивания сарматских глин. Вынос водорастворимых солей: 104, 115, 221, 247,236 — лабораторные номера образцов глин, в которых содержатся включения пирита; 1, 221, 306 — лабораторные номера образцов глин, в которых не содержатся включения пирита

На рис. 1.5 показаны кривые выноса водорастворимых солей. Анализ показывает, что химические процессы, сопровождающие диффузионное выщелачивание глин, у образцов, не содержащих и содержащих пирит, протекают по-разному. У первых количество выносимых солей увеличивается пропорционально времени выщелачивания по линейному закону с высокими значениями коэффициентов корреляции $r = 0,98$. У образцов с пиритом количество выносимых солей также пропорционально времени выщелачивания, однако регрессионные кривые имеют более сложную форму с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,71$.

Таким образом, при выщелачивании незасоленных сарматских глин без включений пирита со временем происходит непрерывное уменьшение степени засоления образцов за счет выноса сильно- и среднерастворимых солей натрия калия, кальция и др. Одновременно с этим (в присутствии CO_2) проис-

ходит выщелачивание слаборастворимых солей карбонатов кальция и магния с преобразованием их в сильно растворимые соли типа $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ с выносом их из образца. Общее содержание карбонатов при этом уменьшается, структурные связи между грунтовыми частицами разрушаются, степень агрегированности глин становится меньше, дисперсность увеличивается. На конец опыта степень выщелоченности образцов таких глин составила 0,17...0,82, среднее – 0,43.

При выщелачивании незасоленных сарматских глин с включением пирита химические процессы протекают несколько иначе. На описанные выше химические процессы по растворению, выщелачиванию и выносу солей накладываются другие процессы, обусловленные окислением пирита. Образующаяся при этом серная кислота, воздействующая на карбонаты кальция, способствует образованию гипса. Содержание карбонатов при этом падает. Частично разрушаются структурные связи между частицами грунта, обусловленные этими солями. Однако накапливающийся при этом гипс и ярозит способствуют образованию новых структурных связей между грунтовыми элементами.

Второе защищаемое положение. *Лёссовые породы, распространённые на Русской плите, по характеру изменения степени дисперсности, химического состава, физических свойств и просадочности отличаются от лёссовых пород покрова Скифской платформы, следствием чего является различная их способность к проявлению послепросадочных деформаций, у первых они значительно меньше, чем у вторых. Прогноз коэффициента послепросадочного уплотнения может выполняться методом вероятностных аналогий на основе выявленных прогнозных факторов.*

Геология лёссового покрова. Опорным разрезом лёссового покрова Южного Приднестровья является геологический разрез 5 надпойменной террасы реки Днестр у г. Тирасполя *Колкотовая балка* (табл.2.1).

На рис. 2.1. представлены схематические разрезы лёссового покрова Среднего Приднестровья у г. Унгены и Южного Приднестровья у г. Тирасполь. Физико-механические свойства пород по выделенным стратиграфическим типам приведены (табл.2.2).

Гранулометрический состав. Для лёссового покрова речных террас наблюдается хорошо выраженная зависимость повышения содержания глинистой фракции ($< 0,005$ мм) и уменьшения песчаной фракции ($> 0,05$ мм) от молодых ярусов (бугского и удайского) к более древним (днепровскому и тилигульскому). Несколько повышенное содержание глинистой фракции характерно для современных причерноморских отложений.

Таблица 2.1. Опорный разрез лёссового покрова Колкотовая балка

Интервал, м	Описание пород	Стратиграфический индекс по М. Ф. Векличу
0,0—0,5	Почвенно-растительный слой	<i>Q4</i>
0,5—2,1	Буровато-желтый, палевоый лёссовидный суглинок	<i>Q4pts</i>
2.1—3,0	Суглинок буровато-серый макропористый (ископаемая почва)	<i>Q4d</i>
3,0—4,8	Суглинок палево-желтый, желтый лёссовидный	<i>Q3bg</i>
4,8—5,3	Суглинок красновато-бурый макропористый (ископаемая почва)	<i>Q3v</i>
5,3—5,6	Суглинок буровато-желтый лёссовидный	<i>Q3ud</i>
5,6—5,9	Суглинок серовато-коричневый макропористый (ископаемая почва)	<i>Q3p</i>
5,9—7,1	Суглинок желтый, палево-желтый лёссовидный	<i>Q2ts</i>
7,1—8,6	Суглинок темно-серый, с реликтами бурого (ископаемая почва)	<i>Q2k</i>
8,6—10,6	Суглинок палево-желтый лёссовидный	<i>Q2dp</i>
10,6—13,1	Суглинок красно-бурый макропористый (ископаемая почва)	<i>Q2z</i>
13,1—18,0	Суглинки с прослоями песков, пески с гнездами глин	<i>Q1²</i>

Гранулометрический состав верхнечетвертичных лёссовых пород водораздела рек Днестра и Прута в целом довольно близок к составу аналогичных по возрасту и литологии отложений удайского яруса.

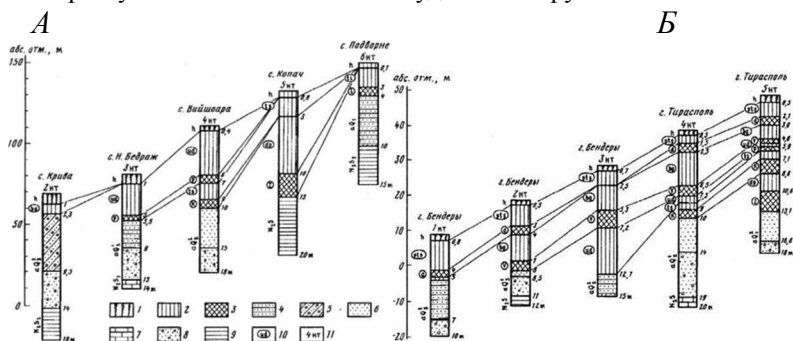


Рис. 2.1. Схематический геологический разрез лёссового покрова Среднего Припутья (А) и Южного Приднестровья (Б)

- 1 – современная почва; 2 – лёссовые породы; 3 – ископаемая почва;
 4 – аллювиальная глина; 5 – аллювиальный суглинок; 6 – песок; 7 – известняк;
 8 – гравий; 9 – глина; 10 – обозначение горизонтов (по М.Ф. Векличу);
 11 – номер террасы.

Пластичность. Наименее пластичным являются верхнечетвертичные отложения бугского и удайского горизонтов террас и супесчаных пород водораздела. Предел текучести этих пород изменяется от 0,18 до 0,37. Для остальных пород покрова террас и водораздела значения пластичности примерно одинаковые, предел текучести составляет 0,28...0,46. Число пластичности с увеличением возраста пород закономерно увеличивается от 0,02...0,09 для бугского и до 0,13...0,21 для тилигульского горизонтов.

Таблица 2.2. Состав и свойства лёссовых пород различных стратиграфических горизонтов

Стратиграфический тип отложений	Гранулометрический состав			Влажность	Предел текучести	Степень влажности	Число пластичности	Пористость, %
	песок	пыль	глина					
$Q_4 (pts + d)$	16...56	16...66	16...44	0,17...0,27	0,27...0,38	0,25...0,50	0,07...0,17	42...52
$Q_3^2 (bg + v)$	26...64	20...51	11...25	0,05...0,15	0,18...0,29	0,28...0,46	0,02...0,09	42...53
$Q_3^1 (ua\alpha + p)$	10...33	25...54	20...50	0,17...0,19	0,23...0,37	0,52...0,70	0,10...0,15	39...47
$Q_2^2 (ts + k)$	6...23	38...60	33...51	0,17...0,20	0,30...0,41	0,58...0,77	0,10...0,16	39...45
$Q_2^1 (dp + z)$	6...18	38...53	34...54	0,17...0,21	0,30...0,45	0,57...0,84	0,12...0,17	39...45
$Q_1^2 (ti + l)$	6...11	35...48	42...55	0,17...0,20	0,32...0,44	0,62...0,80	0,13...0,21	38...45
$Q_1^1 (s u + m)$	—	—	—	0,13...0,19	0,20...0,37	0,63...0,83	0,07...0,15	38...42
Q_{3-4} суглинки	6...19	49...59	25...41	0,19...0,24	0,30...0,40	0,60...0,77	0,12...0,16	42...50
Q_{3-4} суглинки	14...40	29...60	17...44	0,11...0,19	0,27...0,37	0,45...0,55	0,10...0,14	42...51
Q_3 супеси	30...50	40...60	8...12	0,06...0,11	0,19...0,27	0,19...0,41	0,03...0,07	43...50

Влажность. В изменении влажности существует зависимость, аналогичная пластичности. Менее влажными ($w < 0,19$) являются верхнечетвертичные породы покрова террас и водоразделов. Степень влажности этих пород составляет 0,19...0,70. Для средне- и нижнечетвертичных отложений (за исключением сульского горизонта) наиболее характерным являются значения влажности 0,17...0,24 при степени влажности 0,45...0,84. Наиболее влажными являются самые молодые породы (Q_{3-4}) покрова северной части региона.

Пористость. В целом для лёссовых пород региона характерна тенденция к уменьшению пористости от более молодых отложений к более древним. Причем повышенными значениями пористости (42...53%) обладают верхнечетвертичные породы, особенно бугского и причерноморского горизонтов. Для остальных пород значения пористости составляют 35...40%. Показатели состава и свойств лёссовых пород различных стратиграфических горизонтов даны в табл. 2.2.

Просадочность. Решающее значение для выбора противопросадочных мероприятий при промышленно-гражданском строительстве играет тип грунтовых условий попросадочности. Ю.И. Олянским составлена Карта просадочности лёссовых пород Молдовы в масштабе 1:500 000 (рис. 2.2). Про-

садочные породы практически отсутствуют в центральной части республики на высоких водоразделах Кодринской возвышенности с отметками более 300...400 м. В пределах Северной и Центральной части Междуречья мощность просадочной толщи чаще всего не превышает 10,0 м, ее просадка от собственного веса достигает 5,0 см. В южной части междуречья, особенно в области Скифской платформы, мощность лёссовой тощи достигает 30–40 м, просадочностью характеризуются отложения до глубины 15,0–18,0 м просадка от собственного веса не превышает 30–35 см.

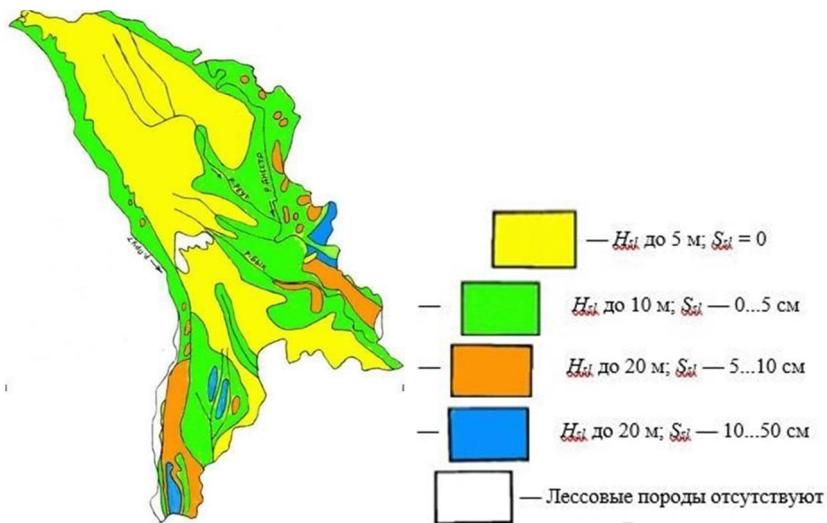


Рис. 2.2. Схема распространения просадочности лёссовых пород Молдовы. (H_{sl} — мощность просадочной толщи; S_{sl} — просадка толщи от собственного веса)

Инженерно-геологическое районирование лёссовых территорий междуречья выполнено в соответствии с методикой В. Т. Трофимова. Применена система генетико-морфологического однорядного последовательного районирования. В соответствии с работами Г.А. Голодковской территория междуречья Прут – Днестр относится к двум регионам: А – Русская платформа и Б – Скифская платформа. Дополнительно по геоморфологическому признаку выделено 4 инженерно-геологические области, по распространению лёссовых пород различных стратиграфо-генетических комплексов – 11 инженерно-геологических районов (рис. 2.3).

Методика исследований. Полевые работы выполнялись под руководством Ю.И Олянского. на 14 площадках междуречья (рис.2.3). Образцы лёссовых пород ненарушенного сложения отбирались методом задавливания тонкостенного грунтоноса-пробоотборника диаметром 146 мм в пределах всей мощности лёссовой толщи с интервалом 1,0–2,0 м. Всего было отобрано 100 образцов-близнецов. Лабораторные исследования минерального состава

дисперсной фракции, ионно-солевого комплекса, гранулометрического и микроагрегатного состава выполнялись СКФ ПНИИИСа (г. Ставрополь), лабораторные исследования показателей физических свойств просадочности и прочности выполнялись в Институте геофизики и геологии АН Молдовы. Химический состав грунтов и фильтрата определены в лабораториях АН Молдовы.

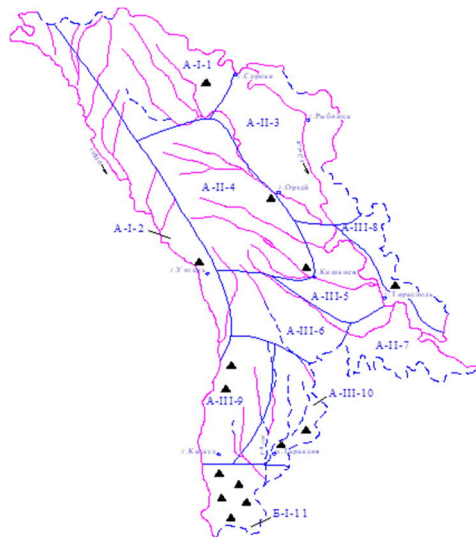


Рис. 2.3. Схема опробования, совмещенная с картой инженерно-геологических районов. А-I-2 – индекс района, ~ – граница района.

Таблица 2.3. Вещественный состав лёссовых пород инженерно-геологических областей

Инженерно-геологическая область	Гранулометрический состав, %			Микроагрегатный состав, %			Минеральный состав глинистой фракции, %		
	песок > 0,05	пыль 0,05 – 0,005 мм	глина < 0,005 мм	Песок > 0,05 мм	пыль 0,05 – 0,005 мм	глина < 0,005	монтмориллонит, %	гидроглюда, %	прочие, %
А-I	2,37	37,69	59,93	13,48	65,89	20,63	35,50	50,00	14,50
А-II	37,69	27,86	34,56	50,28	37,25	12,47	42,90	41,80	14,40
А-III	32,47	33,32	34,23	33,92	58,16	8,43	49,92	31,17	17,17
Б-I	21,38	36,46	42,21	24,76	70,48	4,01	62,80	24,20	12,60

Механический состав и агрегированность. Степень дисперсности лёссовых пород оценивалась по результатам гранулометрических и микроагрегатных анализов в пределах инженерно-геологических областей. Обобщенные данные, приведенные в табл. 2.3.

Минерализация и состав воднорастворимых солей. Минимальное

содержание солей у лёссовых пород Северной Молдавии (А – I) (табл. 2.4). К югу их содержание повышается в среднем в 1,5–3,0 раза, что также свидетельствует о влиянии климатической зональности и увеличении количества атмосферных осадков с юго-востока на северо-запад от 340 до 525 мм в год.

Таблица 2.4. Состав воднорастворимых солей и содержание некоторых компонентов засоленности лёссовых пород инженерно-геологических районов

Инженерно-геологический район	Минерализация, г/100г сухой породы	Катионы, г/100 г сухойпороды			Анионы, г/100 г сухойпороды			Карбонатность, %	Аморфный кремнезем, %	Гипс, %
		K ⁺ +Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻			
А - I – 1	0,090	0,014	0,008	0,005	0,006	0,020	0,050	17,02	0,78	0,06
А - I – 2	0,088	0,007	0,007	0,009	0,005	0,001	0,054	11,19	0,42	0,06
А – II – 4	0,161	0,010	0,008	0,007	0,011	0,016	0,049	6,30	0,51	0,15
А - III – 8	0,179	0,028	0,004	0,002	0,006	0,009	0,073	8,81		0,02
А - III – 9	0,275	0,022	0,014	0,008	0,003	0,066	0,054	6,75	0,47	0,07
А - III – 10	0,128	0,034	0,006	0,003	0,009	0,030	0,068	6,65	0,87	0,09
Б - I – 11	0,249	0,032	0,005	0,012	0,010	0,044	0,621	11,3		0,04

Физические свойства. Обобщенные данные о физических свойствах лёссовых пород различного возраста и генезиса инженерно-геологических районов приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5. Показатели физических свойств лёссовых пород инженерно-геологических районов и стратиграфических горизонтов

Инженерно-геологический район	Лёссовая толща	W	W _L	W _P	I _p	Плотность, г/см ³		n, %	S _r
						грунта	сухого грунта		
А – I – 1	edQ ₃₋₄	0,22	0,43	0,21	0,22	1,81	1,49	45,5	0,72
А – I – 2	dQ ₃₋₄	0,15	0,28	0,20	0,08	1,84	1,60	41,0	0,58
А – II – 4	dpQ ₃₋₄	0,13	0,28	0,16	0,12	1,81	1,60	41,22	0,50
А – III – 8	eoldQ ₂	0,16	0,32	0,19	0,14	1,81	1,55	42,3	0,59
А – III – 8	eoldQ ₃	0,15	0,31	0,18	0,13	1,99	1,73	36,2	0,72
А – III – 9	eoldQ ₃	0,15	0,31	0,18	0,12	1,66	1,45	45,8	0,47
А – III – 9	eoldQ ₂	0,14	0,29	0,18	0,11	1,80	1,58	41,6	0,54
А – III – 10	eoldQ ₃	0,17	0,34	0,18	0,15	1,84	1,58	41,8	0,62
А – III – 10	eoldQ ₂	0,16	0,35	0,18	0,17	1,89	1,63	40,3	0,65
Б – I – 11	eoldQ ₃	0,14	0,29	0,19	0,10	1,58	1,40	47,7	0,40
Б – I – 11	eoldQ ₂	0,17	0,31	0,21	0,10	1,71	1,47	45,6	0,55
Б – I – 11	eoldQ ₁	0,18	0,33	0,21	0,12	1,79	1,52	43,6	0,60

Здесь преобладают легкие суглинки, супеси, реже – средние суглинки. В этом же направлении уменьшается и влажность отложений.

Просадочность и послепросадочное уплотнение. Изучение проса-

дочности лёссовых пород осуществлялось в компрессионных приборах конструкции ЛГИ. Эти приборы после некоторого усовершенствования позволяют выполнять компрессионные испытания в соответствии с ГОСТ 23167-78 при капиллярном водонасыщении испытуемого образца, а также в условиях непрерывной фильтрации воды.

Компрессионные испытания выполнялись методом «одной кривой» по следующей методике. После загрузки образца в кольцо компрессионного прибора он подвергался обжатю ступенями нагрузок через 0,05 МПа до величины 0,15 МПа. При такой нагрузке и природной влажности образец выдерживался до условной стабилизации деформации сжатия. После чего его влажность увеличивалась методом капиллярного водонасыщения и регистрировалась деформация замоченного образца. Наблюдения проводились на протяжении 2–4 недель до условной стабилизации деформации сжатия, которая составляет 0,001 мм за 1 сутки. После этого подключалась вода из бака и начиналась фильтрация через образец снизу вверх при градиенте напора, равном 80. Использовалась водопроводная вода гидрокарбонатно-кальциевого состава с минерализацией 0,25 г/л. Деформация образца регистрировалась ежедневно на протяжении от 30 до 90 суток.

После завершения опыта изучался вещественный состав пород. Выполнялся микроагрегатный анализ методом Качинского. Определялся состав воднорастворимых солей, минерализация, карбонатность, содержание аморфного кремнезема и гипса, а также емкость поглощения, состав обменных катионов, показатели физических свойств и удельное сопротивление пенетрации.

Таблица 2.6. Показатели относительной просадочности лёссовых пород инженерно-геологических районов и стратиграфических горизонтов

Инженерно-геологический район	Лёссовая толща	Показатели относительной просадочности ε_{sl} рассчитанные			Коэффициент $K_{пу} = \frac{\varepsilon_{sl}^{\phi}}{\varepsilon_{sl}^k}$
		по ГОСТ 23167-78 ε_{sl}	после завершения консолидации ε_{sl}^k	после завершения фильтрации ε_{sl}^{ϕ}	
А – I – 2	dQ ₃₋₄	0,004	0,008	0,008	2,00
А – II – 3	dpQ ₃₋₄	0,001	0,003	0,003	3,00
А – II – 4	dpQ ₃₋₄	0,015	0,022	0,038	2,47
А – III – 8	eoldQ ₃	0,013	0,015	0,013	1,74
А – III – 9	eoldQ ₃	0,025	0,034	0,039	1,97
А – III – 10	eoldQ ₂	0,013	0,018	0,021	1,62
Б – I – 11	eoldQ ₃	0,020	0,023	0,028	1,58
Б – I – 11	eoldQ ₂	0,013	0,023	0,029	2,95
Б – I – 11	eoldQ ₁	0,011	0,024	0,032	3,93

Обобщение и анализ полученных результатов свидетельствуют о том, что длительная фильтрация приводит к существенному увеличению де-

формации лёссовых пород. Коэффициент послепросадочного уплотнения $K_{пу}$ отдельных образцов изменяется от 1,19 до 7,0. Обобщение значений данного коэффициента (табл. 2.6) свидетельствует о том, что в целом наблюдается закономерность в изменении величины послепросадочного уплотнения в зависимости от возраста лёссовой толщи, что обусловлено увеличением её глинистости и уменьшением пористости.

Таблица 2.7. Регрессионные зависимости коэффициента послепросадочного уплотнения $K_{пу}$ от показателей состава и свойств лёссовых пород

Показатели состава и свойств	Уравнение регрессии	Расчетные коэф. корреляции/детерминации r/R^2	Критические значения (табличный) при $\alpha=0.05$ и $n-2$
Содержание гипса Γ , %	$K_{пу} = 2,5243 \Gamma + 1,103$; $N=16$	0,85/0,72	0,50
Плотность сухого грунта ρ_d , г/см	$K_{пу} = 3,5495 \rho_d - 3,3509$; $N=25$	0,81/0,56	0,40
Коэффициент агрегированности дисперсной фракции $K_{агр}$.	$K_{пу} = 00009 K_{агр}^2 + 0,0406 K_{агр} + 1,6846$; $N=22$	0,73/-	0,42
Содержание монтмориллонита в дисперсной фракции M , %	$K_{пу} = 0,0218 M + 1,1909$; $N=11$	0,71/0,50	0,60
Величина относительной просадочности ε_{sl} (по ГОСТ 23161-78)	$K_{пу} = 294,94 \varepsilon_{sl}^2 - 30,047 \varepsilon_{sl} + 1.8521$; $N=41$	0,55/-	0,31
Железо тривалентное $Ж$, г/100 г. породы	$K_{пу} = 1,1173 Ж + 1,4762$; $N=10$	0,54/0,29	0,63
Предел текучести W_L	$K_{пу} = 6,4276 W_L - 0589$; $N=24$	0,50/0,25	0,41
Содержание обменного кальция K , мг-экв/100 г породы	$K_{пу} = 0,1331K + 1,7814$; $N=12$	0,40/0,16	0,57
Общее содержание дисперсной фракции D , %	$K_{пу} = 2,6407 - 0,0134D$; $N=20$	0,33/0,11	0,44

Анализ данных, приведенных в табл. 2.7, позволил сделать вывод о том, что прогнозирование величины $K_{пу}$ с использованием таких показателей как содержание обменного кальция и общего содержания дисперсной фракции не целесообразно, так как расчётные значения корреляции меньше, чем критические. По остальным показателям $K_{пу}$ можно прогнозировать.

Для повышения достоверности прогнозных оценок изучение необходимо выполнять методом многомерного регрессионного анализа либо методом вероятностных аналогий. Последний представляется как наиболее приемлемый для решения указанной задачи ввиду наличия достаточной базы

данных лабораторных экспериментов (около 100). Это позволяет использовать при решении задачи теорему и уравнение Байеса. Прогнозными факторами, для которых рассчитаны эмпирические вероятности, явились: содержание в породе дисперсной фракции, предел текучести, плотность сухого грунта, величина относительной просадочности, определенная по ГОСТ 23161-78, и содержание гипса. Автором рассчитаны эмпирические оценки вероятностей указанных прогнозных факторов, рекомендуемые для расчетов.

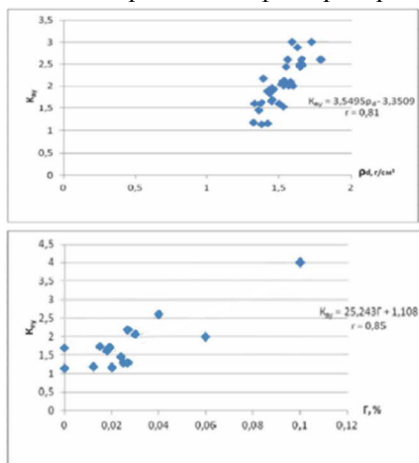


Рис. 2.4. Диаграммы распределения коэффициента послепросадочного уплотнения $K_{пу}$ от плотности сухого грунта ρ_d , просадочности ϵ_{sl} , гипса Γ , коэффициента агрегированности дисперсной фракции $K_{агр}$.

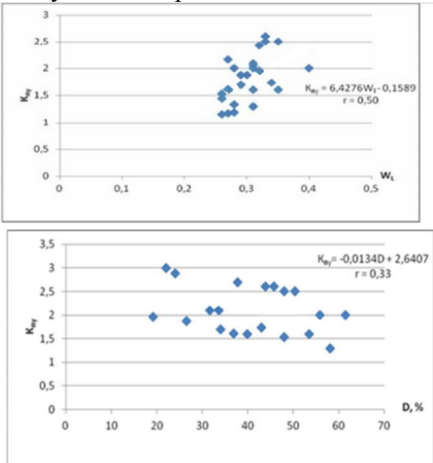


Рис. 2.5. Диаграммы распределения коэффициента содержания уплотнения $K_{пу}$ от величины, относительного предела текучести W_L , общего содержания дисперсной фракции D .

Анализировалась зависимость коэффициента $K_{пу}$ от показателей вещественного состава и физических свойств лёссовых пород. В табл. 2.8 и на рис. 2.3 и 2.4 приведены регрессионные уравнения взаимосвязи $K_{пу}$ с показателями состава и свойств пород. Коэффициенты корреляции уравнений составляют 0,33...0,85%.

Прогноз величины послепросадочного уплотнения по значению коэффициента $K_{пу}$ выполнен для всех регионально-генетических типов лёссовых толщ междуречья. В качестве прогнозного фактора использовалось среднее и среднестатическое его значение для данной лёссовой толщи. Полученные значения $K_{пу}$ для инженерно-геологических областей, районов и лёссовых толщ, позволили составить Карту типологического инженерно-геологического районирования лёссовых территорий Молдовы (рис. 2.6). Прогноз выполнен для наиболее молодой лёссовой толщи Q_{3-4} , распространенной на всей территории междуречья.

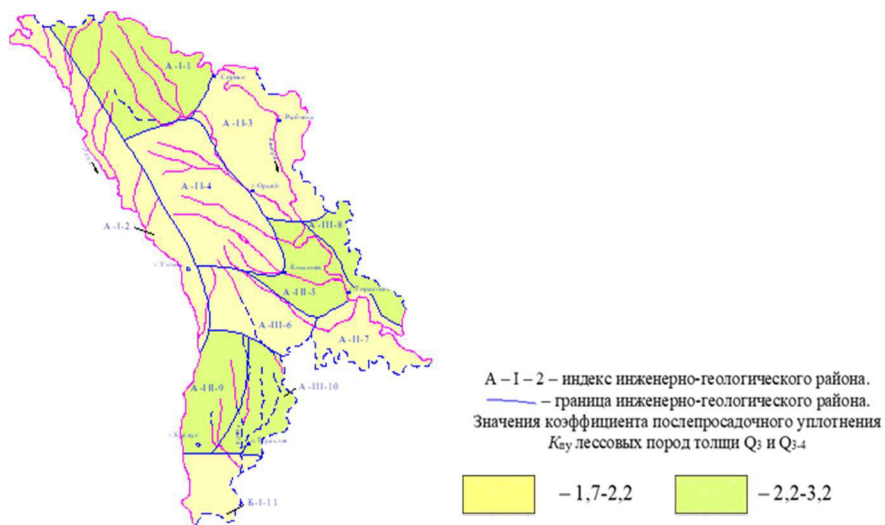


Рис.2.6. Схема типологического инженерно-геологического районирования лёссовых территорий Молдовы по величине послепросадочного уплотнения.

Третье защищаемое положение. Существенным фактором, влияющим на устойчивость инженерных сооружений на лёссовых основаниях, является совместное залегание лёссовых просадочных пород и подстилающих их сарматских глин, водоупорные свойства которых способствуют развитию активного обводнения с образованием техногенного водоносного горизонта, фильтрация в котором обуславливает проявление в лёссовых породах не только просадочных, но и послепросадочных деформаций. В связи с этим при прогнозе полной деформации лёссовой толщи следует использовать предлагаемую методику прогноза подтопления, учитывающую вид ожидаемого подтопления, среднюю скорость подъема и глубину подтопленного уровня. Это позволяет выбрать оптимальный вариант дренажное осушение лёссовых пород, устранения их просадочности и способа фундаментирования.

Техногенное изменение влажности лёссовых пород. Исследованиями ряда авторов установлено, что влажность лёссовых пород и ее изменение в процессе застройки и эксплуатации территорий обусловлены определенными факторами, которые могут быть разделены на две группы. Первые (пассивные) включают особенности геологического строения, рельефа, гидрогеологии, вторые (активные) – факторы, связанные с инфильтрацией воды и накоплением влаги в грунтах в условиях городской застройки. Эти факторы второй группы неизбежно сопутствуют застройке, однако характер обводнения проявляется по-разному и зависит от природных условий района.

Деформации, связанные с отсутствием противопросадочных мероприятий. К деформациям данного типа следует отнести деформации одноэтажных жилых домов в с. Бычок Григориопольского района и деформации здания школы № 12 в г. Кишиневе. Ни в одном из этих случаев не выполнены

никакие мероприятия по снижению просадочности пород основания и предохранению их от замачивания. В результате этого неравномерная осадка имела место как в грунтовых условиях I типа по просадочности (площадка школы № 12 в г. Кишиневе), так и в грунтовых условиях II типа (с. Бычок). В обоих случаях просадка произошла под действием дополнительной нагрузки от здания, превысившей начальное просадочное давление пород.

Деформации, связанные с недостаточным комплексом противопросадочных мероприятий, обусловлены просадкой пород основания в результате выполнения неполного объема необходимых противопросадочных мероприятий, как это имело место на площадке 5-этажного жилого дома по ул. Димитрова, где выполнены только водозащитные мероприятия, а также на площадке 9-этажного жилого дома по Московскому проспекту в г. Кишиневе и 9-этажного жилого дома по ул. Ленинградской в г. Бендеры, где в основании зданий были сохранены просадочные свойства грунтов (по II типу).

Деформации, связанные с неучетом величин послепросадочного уплотнения, стали появляться с начала 80-х годов прошлого столетия и чаще всего имели место в жилых микрорайонах, возведенных на лёссовых породах большой мощности I и II типа просадочности после их подтопления. Такие деформации зафиксированы на грунтах I типа по просадочности площадки жилого 9-этажного дома по ул. Алешина в г. Кишиневе. Обусловлены они тем, что при проектировании и прогнозе величины общей деформации фундамента не были учтены деформации, обусловленные послепросадочным уплотнением.

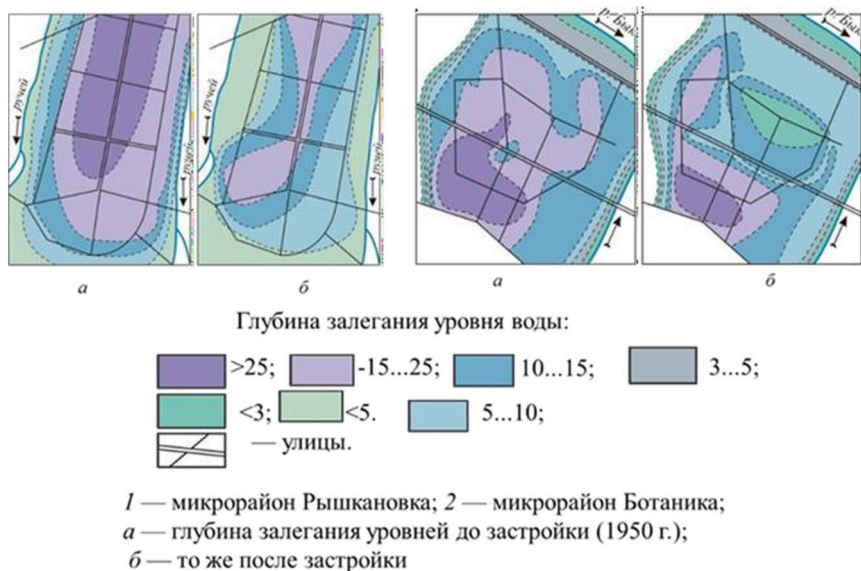
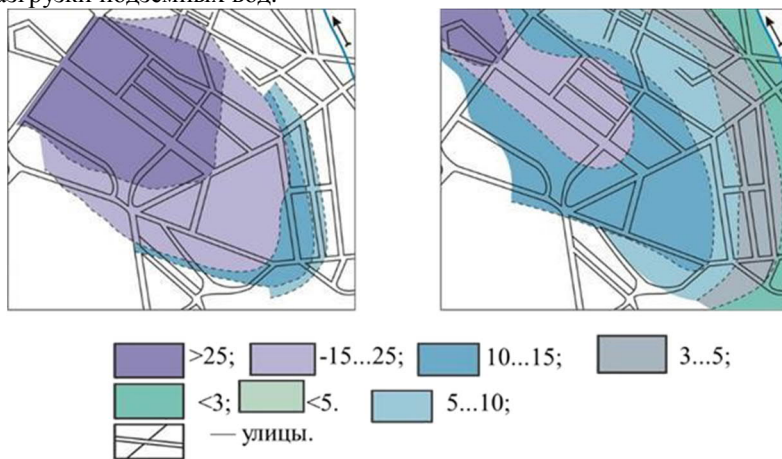


Рис. 3.1. Схематические карты глубины залегания уровней подземных вод на различных период

Первый, наиболее существенный фактор, предопределяющий возможность подтопления территории и характер этого процесса в лёссовых породах – *геологическое строение территории*. При наличии в основании лёссовой толщи хорошо дренирующих отложений уровень подземных вод не поднимается или его подъем незначителен по величине и непродолжителен по времени. Примером может служить участок в районе ул. Алешина (район Рышкановка), где, несмотря на интенсивное подтопление окружающей территории, в лёссовых отложениях уровень подземных вод отсутствует. Причиной этого является трещиноватые рифовые известняки сармата, подстилающие лёссовую толщу.

На примере отдельных микрорайонов территории города Кишинева (рис. 3.1 и 3.2) проанализированы активные факторы, влияющие на подтопление лёссовых территорий, такие как: *геологическое строение, гидрогеологические условия, геоморфология*. Выявлена зависимость скорости подъема уровня глубины установившегося уровня литологического состава лёссовых толщ, их мощности, состава подстилающих отложений, расстояния до фронта разгрузки подземных вод.



a — глубина залегания уровней до застройки (1950 г.);

б — то же после застройки

Рис.3.2. Схематические карты глубины залегания уровня подземных вод на различных период (микрорайон Боюканы)

Полученные результаты позволили разработать методiku прогноза подтопления лёссовых территорий на примере г. Кишинева.

Принимая условие, что подтопление различных территорий города выражает подобные явления, можно определить весовые коэффициенты участия различных показателей природных факторов в данном процессе. Каждой группе признаков соответствует определенный безразмерный коэффициент.

Геоморфологический критерий, отражающий геоморфологическое строение района, принимается соответствующим среднему уклону поверхности между подтапливаемой площадкой и ближайшим эрозионным врезом, дренирующим поверхностные воды.

Таблица 3.1. Интенсивность подтопления территории в зависимости от расстояния до фронта разгрузки подземных вод

№ п/п	Местоположение площадки	Расстояние до фронта разгрузки, км	Высота подъема уровня на м	Средняя скорость подъема уровня, м/год	Мощность толщи подстилающих песков, м
1	Пр. Мира, № 8	0,5	2,5	0,3	3,0
2	Ул. Тимошенко, ПТУ	1,0	7,0	0,5	6,0
3	Ул. Винницкая, № 30	2,0	10,1	0,9	3,0
4	Пересечение улиц Ровенской и Закарпатской	1,7	12,5	1,0	6,0
5	Пересечение улиц Бельского и Белградской	2,6	13,5	1,1	0,5

Геолого-гидрогеологический критерий, отражающий литологическое строение зоны аэрации и длину пути фильтрации подземных вод, принимается соответствующий выражению $N_n + N_n/l_\phi$, где N_n – мощность лёссовой толщи; N_n – мощность толщи подстилающих песков; l_ϕ – длина пути фильтрации подземных вод до фронта разгрузки.

Гидрогеологический критерий, определяющий высоту подъема (h_n) подтопленного уровня на определенный период и расстояние до фронта разгрузки подземных вод (l_ϕ), принимается соответствующий выражению h_n/l_ϕ .

Расчеты весовых коэффициентов влияния различных природных факторов на скорость подтопления показали, что их значения составляют: геоморфологический критерий – 0,096, геолого-гидрогеологический – 0,216, гидрогеологический – 0,688. Таким образом, все вышеуказанные факторы должны быть учтены при прогнозе.

Прогноз подтопления лёссовых толщ территории г. Кишинева. Прогноз заключается в решении трех задач:

- а). Определение вида подтопления («скрытое» или «явное»);
- б). Определение средней скорости подъема уровня подземных вод;
- в). Определение глубины залегания подтопленного уровня.

а). «Скрытое» подтопление имеет место на участках с очень хорошими условиями дренирования, когда в основании лёссовой толщи лежит региональный дренирующий горизонт (для территории г. Кишинева это известняки среднего сармата) либо гравийно-галечниковые породы и крупные пески, обеспечивающие хорошие условия фильтрации подземных вод к обла-

стям разгрузки. Во всех остальных случаях застройка территории и неизбежное проявление активных факторов вызывает явное подтопление – подъем уровня подземных вод, скорость и высота которого обусловлены геолого-геоморфологическими и гидрогеологическими условиями.

б). Определение возможной средней скорости подъема уровня подземных вод может производиться с использованием вероятностно-математического метода, в основе которого лежит теорема Байеса. Эмпирические вероятности прогнозных факторов даны в работе.

в). Определение глубины подтопленного уровня.

В работе даны практические рекомендации для определения указанной величины.

Четвёртое защищаемое положение. *Основными методами борьбы с просадочностью лёссовых оснований на стадии проектирования строительства, являются: поверхностное уплотнение, создание под фундаментами уплотненного водонепроницаемого экрана из глинистых пород, замачивание котлованов, уплотнение грунтовыми сваями и энергией взрыва, а также устройство буронабивных свай с передачей нагрузки на подстилающую лёссовую толщу твёрдых сарматских глин. При значительной мощности просадочной толщи (более 16 м) методы могут использоваться комплексно. При возведении сооружений в инженерно-геологических районах с небольшой мощностью лёссовых отложений и опирании фундаментов на набухающие сарматские глины, прогноз их прочности может осуществляться на основе типизации сарматских глин по устойчивости к обводнению.*

Просадка лёссового грунта в основании зданий и сооружений разделяется на три характерные зоны.

Зона I — деформируемая, в которой просадка происходит под совместным действием нагрузки фундамента и собственного веса грунта. Эта зона располагается от подошвы фундамента до некоторой глубины, где вертикальные напряжения от нагрузки фундамента и собственного веса грунта меньше величины начального давления просадочности.

Зона II – нейтральная. В этой зоне просадочные деформации отсутствуют, так как вертикальные напряжения, в ней меньше начального давления просадочности, при котором начинается просадка.

Зона III – зона просадки лёссового грунта под действием собственного веса.

Для обеспечения прочности и устойчивости зданий и сооружений на просадочных лёссовых грунтах применяются следующие мероприятия:

а) защита грунтов основания от замачивания или резкого повышения их влажности (водозащитные мероприятия);

б) устранение просадочных свойств лёссовых грунтов (техническая мелиорация грунта); в) конструктивное усиление пространственной жесткости зданий и сооружений и приспособление их к неравномерным просадкам грунтов в основании, а также полная или частичная прорезка просадочных грунтов сваями или опорами, исключая влияние просадочных грунтов

на осадки фундаментов.

Все существующие методы улучшения свойств лёссовых грунтов (или методы, устраняющие просадочные свойства) можно разделить на две основные группы: методы преобразования грунтов механическим воздействием (уплотнения) и методы физико-химического закрепления грунтов.

Водозащитные мероприятия. Защита лёссовых грунтов основания от замачивания достигается соответствующей компоновкой генплана, предусматривающей размещение водосборных сооружений и зданий с мокрыми технологическими процессами в пониженных местах застраиваемой территории, вертикальной планировкой, обеспечивающей отвод ливневых вод со строительной площадки, устройством водонепроницаемых отмосток вокруг зданий, организованным отводом с крыш атмосферных осадков, герметизацией стоков водоводов, проложенных в районе строительства.

Результаты исследований лёссовых грунтов территории между реками Днестр и Прут заключается в следующем.

а) Выполнено инженерно-геологическое районирование лёссовых территорий. Выделены 4 инженерно-геологические области и 11 инженерно-геологических районов (рис.2.3).

б) Для каждого инженерно-геологического района получены нормативные значения показателей состава и свойств лёссовых грунтов.

в) Изучены особенности изменения состава и свойств лёссовых грунтов при длительном обводнении и техногенной фильтрации.

г) Проанализированы причины деформации зданий и сооружений региона, возведенных на просадочных грунтах.

д) Изучены особенности обводнения лёссовых толщ территории в зависимости от геологических и техногенных факторов. Составлена прогнозная карта подтопления территории г. Кишинева в масштабе 1:25000.

е) Составлены карты типологического инженерно-геологического районирования в масштабе 1:500000: по типам и видам лёссовых толщ (рис. 2.2), по величине коэффициента послепросадочного уплотнения (рис. 2.6).

Выполненные исследования позволили сделать следующие *выводы*. Основными методами ликвидации просадочных свойств грунтов на стадии строительства в данном регионе являются поверхностное уплотнение трамбованием и глубинное уплотнение грунтовыми сваями. (табл. 4.1).

В некоторых инженерно-геологических районах (А-I-1, А-II-3, А-II-4) лёссовые породы имеют незначительную мощность или полностью отсутствуют. В этом случае опирание фундаментов сооружений будет происходить на сарматские глины, которые в процессе эксплуатации сооружения неизбежно будут обводняться и подвергаться диффузионному выщелачиванию. Начальные значения показателей прочности – удельного сцепление c и угла внутреннего трения φ продольного грунта будут изменяться.

Ю.И. Оляским (2004) в результате изучения сармат-меотических глин Молдовы разработана их типизация по устойчивости к обводнению. Им выделено четыре типа глин: I, II, III, IV – от неустойчивых к устойчивым.

Для каждого типа автор рассчитал значения корректировочных коэффициентов устойчивости для удельного сцепление и угла внутреннего трения глин подвержены диффузионному выщелачиванию. Данная типизация не учитывала наличие или отсутствие в глинах мелкодисперсного пирита и особенности изменения состава и свойств результате длительного взаимодействия с водой.

Таблица 4.1. Мероприятия по борьбе с просадочностью лёссовых оснований в различных инженерно-геологических районах междуречья Прут – Днестр

Методы защиты инженерных сооружений	Инженерно-геологический район										
	A-I-1	A-I-2	A-II-3	A-II-4	A-III-5	A-III-6	A-III-7	A-III-8	A-III-9	A-III-10	B-I-11
1 Водозащитные мероприятия	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
а) Рациональная планировка поверхности.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
б) Водонепроницаемые отмостки вокруг здания.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
в) Водонепроницаемые экраны под фундаментами		+	+		+	+	+	+		+	
г) Прокладка водонесущих коммуникаций в туннелях.								+	+		+
д) Дренажи подземных вод.					+	+	+	+		+	
2. Мероприятия по устранению просадочности пород	+			+							
а) Фундаменты в вытрамбованных котлованах.											
б) Уплотнение грунтов сжимаемой толщи поверхностным трамбованием	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
в) Уплотнение грунтов просадочной толщи грунтовыми сваями.									+	+	+
г) Уплотнение грунтов замачиванием в котлованах.									+		+
д) Уплотнение грунтов взрывами в котлованах									+		+
3. Конструктивные мероприятия											
а) Уширение фундаментов, в том числе плитные фундаменты								+	+	+	+
б) Специальные типы фундаментов								+	+		+
в) Разрез сооружения осадочными швами.		+			+	+	+	+	+	+	+
г) Повышение жесткости сооружения за счет увеличения расхода металла и бетона					+	+	+	+	+	+	+

Настоящие исследования позволили детализировать указанную типизацию и разработать корректировочные коэффициенты отдельно для глин без пирита и с пиритом (табл. 4.2). Эти коэффициенты позволяют прогнози-

ровать показатели прочности сарматских глин в основаниях сооружений после их длительного диффузионного выщелачивания.

Таблица 4.2. Коэффициенты устойчивости к обводнению незасоленных сарматских глин для прогнозирования показателей их прочности

Тип по устойчивости к обводнению (по Ю.И. Олянскому)	Для сармат-меотической толщи в целом		Для сарматских глин, не содержащих пирит		Для сарматских глин, содержащих пирит	
	K_c	K_ϕ	K_c	K_ϕ	K_c	K_ϕ
I	0,22	0,55	-	0,41	0,16	0,75
II	0,31	0,67	0,20	0,70	0,30	0,56
III	0,44	0,88	0,43	0,85	0,49	0,40
IV	0,74	0,90	0,68	0,95	0,70	0,24

Заключение:

Основные **выводы** и результаты исследований заключаются в следующем:

1. Глинистые породы накапливались в Сарматском морском бассейне замкнутого типа, восточная часть которого характеризовалась повышенной соленостью воды. Вследствие этого на востоке сформировались засоленные глинистые породы, а на западе – незасоленные.

2. Главным критерием, определяющим ход химических процессов при диффузионном выщелачивании незасоленных сарматских глин, является отсутствие или наличие в их составе пирита. В первом случае при взаимодействии с водой вследствие выщелачивания и рассоления расслабляются и нарушаются структурные связи. В породе уменьшается содержание карбонатов гипса, прочность по углу внутреннего трения уменьшается на 1...2 град, по удельному сцеплению – в 4...5 раз. У глин с пиритом содержание карбонатов повышается на 10...30%, гипса – в несколько раз. Прочность изменяется в меньшей степени, чем у глин без пирита, по углу внутреннего трения – незначительно, по отдельному сцеплению – в 2...3 раза.

3. Длительная фильтрация воды через лёссовую породу показала, что процесс химических преобразований достаточно сложный. Наряду с вымыванием легкорастворимых соединений происходит разрушение гипса, карбонатов кальция и магния с образованием новых легко- и среднерастворимых солей. Содержание карбонатов кальция увеличивается, и образуется аморфное карбонатное вещество, заполняющее крупные породы. Порода приобретает большую плотность и повышенную прочность.

4. Исследования лёссовых пород в условиях длительной фильтрации показали, что это приводит к существенному увеличению её деформации. Величина коэффициента послепросадочного уплотнения составляет 1,19...7,0 и зависит от возраста лёссовой толщи и её глинистости.

5. Анализ техногенного подтопления лёссовых толщ на примере г. Кишинева позволил выявить особенности развития данного процесса на территории города в зависимости от ряда природных (пассивных) факторов и предложить методику его прогнозирования.

6. Проанализированы причины деформации зданий и сооружений в г. Кишиневе и в Республике Молдова, возведённых на лёссовых основаниях, что позволило более обоснованно подойти к вопросу рекомендуемых мероприятий по борьбе с просадочностью в междуречье Прут – Днестр.

7. Дана характеристика состава и физико-механических свойств лёссовых пород в различных инженерно-геологических районах. Составлены карты типологического инженерно-геологического районирования по просадочности и величине послепросадочного уплотнения для описываемой территории.

8. В результате выполненных исследований установлено, что основным методом ликвидации просадочных свойств лёссовых пород в регионе является механическое воздействие (уплотнение).

9. Для инженерно-геологических районов с небольшой мощностью просадочных грунтов или их отсутствием предложена методика прогноза прочности сарматских глин после диффузионного выщелачивания, основанная на существующей классификации сарматских глин по устойчивости к обводнению.

Список основных публикаций по теме диссертации

Издания, индексируемые в базах SCOPUS и WoS

1. Olyansky Y.I., Shekochihina E.V., Kalinovsky S.A. Researches of the seismic properties of clay soils for seismic microzoning // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019". 2020, p. 022–005.

2. Olyanskii Y.I., Shchekochikhina E.V., Kalinovskii S.A. Predicting the post-subsidence consolidation of slowly subsiding loess soils in constructing hydraulic structures // Power Technology and Engineering. 2020. Т. 53. № 5. с. 545–548.

3. Olyansky Y.I., Shekochihina E.V., Kalinovsky S.A. Prediction of indexes of stability of sarmatian clays of foundations of hydrotechnical structures with long-term flooding // Power Technology and Engineering. – 2019. – Vol. 53, № 1, p. 51–55.

4. Olyansky Y.I., Shekochihina E.V., Kalinovsky S.A. Forecast of magnitude post-subsidence compaction at the building on slow-subsidence of loess soils // E3S Web of Conferences. Vol. 97 (2019): XXII International Scientific Conference «Construction the Formation of Living Environment» (FORM-2019), Tashkent, Uzbekistan, April 18-21, 2019 / eds. A. Volkov [et al.]; Moscow State University of Civil Engineering; Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers. [EDP Sciences], 2019. – 7 p. – https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/23/e3sconf_form2018_04001.pdf.

5. Olyansky Y.I., Shekochihina E.V., Kalinovsky S.A. Features of assessment

of subsidence properties of loess rocks in the design of bases and foundations in central Moldova // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. electronic edition. 2018. С. 042–058.

6. Olyansky Y.I., Kuzmenko I.Y., Shekochihina E.V. Features of construction buildings on the loessial soil of central Moldova // Procedia Engineering. Vol. 150: 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016) / ed. by A.A. Radionov. – [Elsevier publishing], 2016. – p.2208–2212.

7. Olyansky Y.I., Shekochihina E.V., Kuzmenko I.Y. The forecast of durability indicators of the sarmatian clays underneath of engineering structures affected by technogenic floodwaters // Procedia Engineering. Vol. 150: 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE- 2016) / ed. by A.A. Radionov. – [Elsevier publishing], 2016. – p. 2213–2217.

8. Shekochihina E.V., Kalinovskiy S.A., Stepanova E.A. The Main Regularities of Changes in the Composition and Properties of Saline and Non-Saline Clayey Sediments with Diffuse Leaching // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 1079. International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020) 6th–9th October 2020, Russky Island, Russia / ed. D. B. Solovev; Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia. – IOP Publishing Ltd, 2021. – 7 p. – <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1079/4/042055/pdf>.

В журналах, рекомендуемых ВАК РФ

9. Олянский Ю.И., Щекочихина Е.В. Особенности выветривания сарматских глин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2021. – Вып. 2 (83), с. 14–21.

10. Олянский Ю.И., Щекочихина Е.В. Инженерно-геологическая характеристика лёссовых пород Северного Причерноморья в связи с их послепросадочным уплотнением // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2021. – Вып. 3 (84), с. 5–16

11. Олянский Ю.И., Щекочихина Е.В. Инженерно-геологическое обоснование строительства на просадочных грунтах Днестровско-Прутского междуречья // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2021. – Вып. 4 (85), с. 84–96

12. Олянский Ю.И., Щекочихина Е.В., Калиновский С.А. Инженерно-геологические проблемы освоения территорий распространения дисперсных грунтов в сейсмоактивных регионах // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. – 2020. – № 1 (78), с. 30–37.

13. Щекочихина Е.В., Калиновский С.А., Алексеев А.Ф. Основные закономерности выщелачивания и изменения состава и свойств засоленных и незасоленных глинистых пород // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Стр-во и архитектура. –

2020. – Вып. 3 (80), с. 42–53.

14. Олянский Ю.И., Щекочихина Е.В., Серебряков О.И. Геоэкологическая оценка лёссовых пород междуречья Прут – Днестр // Геология, география и глобальная энергия. – 2020. – 1 (76), с. 163–171.

15. Олянский Ю.И., Щекочихина Е.В., Калиновский С.А. Прогнозирование послепросадочного уплотнения замедленно просадочных лёссовых грунтов при строительстве гидротехнических сооружений. // Гидротехническое строительство. – 2019. – № 8, с. 13–17.

16. Цель и задачи инженерно-геологических изысканий для проектирования гидротехнического строительства на просадочных грунтах / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, С.А. Калиновский, Е.А. Степанова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2018. – Вып. 51 (70), с. 5–13.

17. Богомолов А.Н., Олянский Ю.И., Щекочихина Е.В. Прогноз прочности глин при длительном обводнении. Основания, фундаменты и механика грунтов. 2018. № 2, с. 19–24.

18. Исследование зависимости просадочности лёссовых пород юга Русской плиты от географо-климатических факторов / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, С.А. Калиновский, И.Д. Махов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. – 2019. – Вып. 1 (74), с.15–22.

19. Реологические свойства сарматских глин с нарушенной структурой / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, С.А. Калиновский, В.А. Каньгин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. – 2019. – Вып. 2 (75), с.11-19.

20. Олянский Ю.И., Щекочихина Е.В., Калиновский С.А. Прогноз показателей прочности сарматских глин оснований гидротехнических сооружений при длительном обводнении // Гидротехническое строительство. – 2018. – № 12, с. 25–30.

21. Закономерности изменения состава и свойств глинистых пород при длительном взаимодействии с водой в основаниях инженерных сооружений / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, С.А. Чарыкова, В.А. Онкаев // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. – 2017. – № 50 (69), с.7–15.

22. Оценка устойчивости сарматских глин к длительному обводнению на основе результатов лабораторных исследований / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, С.А. Калиновский, Т.М. Тихонова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. – 2018. – Вып. 54 (73), с. 32–42.

23. Инженерно-геологическая оценка вещественного состава и физико-механических свойств сарматских глин / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, М.Д. Мозгунов, С.М. Адзиев // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. – 2017. – № 48 (67), с.38–47.

24. Геоэкологические аспекты изменения геологической среды территорий на структурно- неустойчивых породах / Ю.И. Олянский, С.В. Кузнецова, Е.В. Щекочихина, О.И. Серебряков // Геология, география и глобальная энергия. – 2019. – № 4 (75), с. 246–260.

25. Просадочность лёссовых пород юга русской платформы как зональное географическое явление / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, О.Н. Осипова, Г.М. Скибин, А.Ф. Алексеев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2015. – № 2, с.77–81.

26. Особенности возведения зданий и сооружений на лёссовых основаниях в Молдавии / А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, И.Ю. Кузьменко, М.Д. Мозгунов, Д.А. Чарыков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического ун-та. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 1, с. 53–59.

27. Особенности оценки просадочных свойств лёссовых пород при проектировании оснований и фундаментов в Центральной Молдавии / А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, И.Ю. Кузьменко, С.А. Чарыкова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического ун-та. Строительство и архитектура. – 2016. – Т. 7, № 3, с. 46–53.

28. Особенности изменений состава и свойств лёссовых грунтов при длительном взаимодействии с водой вследствие техногенеза (на примере междуречья Прута и Днестра)/ А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, И.Ю. Кузьменко, Тихонова Т.М.//Инженерные изыскания. – 2016 № 14, с. 24–34.

29. Особенности инженерного освоения территорий, сложенных дисперсными структурно-неустойчивыми (просадочными и набухающими) грунтами / А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, О.Г. Садчикова, С.И. Шиян // Инженерная геология. 2009. № 3, с.28–30.

30. Оценка устойчивости сармат-меотических глин к длительному обводнению / Ю.И. Олянский, А.Н. Богомолов, В.И. Шиян, Е.В. Щекочихина // Геология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2010. № 1, с. 62–68.

31. Влияние физико-механических характеристик на сейсмоакустические свойства сарматских глин / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2008. № 9 (28), с. 7–11.

32. К вопросу определения показателей прочности сарматских глин на оползневых склонах / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2007. № 8, с. 33–36.

Монография

33. Изменение состава и свойств лёссовых пород при техногенном обводнении: монография / А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина и др., науч. ред. Б.Ф. Галай; ВолГАСУ. – Волгоград: монография, 2015. – 204 с.

В других сборниках и материалах конференции

34. Инженерно-геологическая оценка лёссовых пород междуречья Прут-Днестр в связи с их послепросадочным уплотнением / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, А.Ф. Алексеев // Междунар. науч. конф. (Москва, 04 февраля 2021 года) под ред. В. Т. Трофимова, В. А. Королёва. – Москва, 2021, с. 240–245.
35. Анализ геоэкологических проблем строительства на глинистых грунтах юга России и северного Причерноморья / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, С.А. Калиновский // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования: материалы II Нац. науч.-практ. конф. (7 фев. 2019 г.) / Астрах. гос. архит.-строит. ун-т. – Астрахань, 2019, с. 369–373.
36. К вопросу оценки величины просадочности лёссовых грунтов различными методами / Е.В. Щекочихина, А.Ф. Алексеев // М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Волгогр. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2020. – Ч. 1, с. 87–92.
37. Особенности инженерно-геологических изысканий для гидротехнического строительства на просадочных грунтах / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – 2019. – № 2 (39), с. 370–378.
38. Геоэкологическая оценка территорий распространения просадочных и набухающих грунтов = Geocological estimation of the distribution areas landing and nazinating soils / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, С.А. Калиновский // Наука и образование. «ЭКОГЕОЛОГИЯ – 2018»: материалы конф. 1–5 окт. 2018 г. / под ред. В. В. Куриленко; Санкт-Петербург. гос. ун-т. – Санкт-Петербург, 2018, с. 76–78.
39. Особенности борьбы с просадочностью лёссовых оснований в Молдавии / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, С.А. Калиновский // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении: материалы междунар. науч.-техн. конф., г. Новочеркасск, 29–31 мая 2018 г. / Южно-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М. И. Платова. – Новочеркасск, 2018, с. 356–363.
40. Прогноз показателей прочности сарматских глин оснований гидротехнических сооружений при длительном обводнении / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, С.А. Калиновский и др. // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2018. – Т. 4, № 3. – 8 с. – <http://vestnik-nauki.ru/2018-t-4-no-3/>.
41. Инженерно-геологические особенности сарматских глин краевых прогибов юга русской плиты, как оснований транспортных сооружений / Е.В. Щекочихина, М.Д. Мозгунов, С.М. Адзиев // материалы XI междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 24–26 мая 2017 г., Волгоград / ВолгГТУ. – Волгоград, 2017, с. 324–326.
42. Изменение состава и свойств незасоленных сарматских глин при диффузионном выщелачивании / Е.В. Щекочихина, С.А. Чарыкова, И.Ю. Кузьменко // Сергеевские чтения. Вып. 15. Устойчивое развитие: задачи геоэкологии (инженерно-геологические, гидрогеологические и геокриологические аспекты): молодежн. конф.: матер. годичн. сессии Науч. совета РАН по

проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (21-22 марта 2013 г.) / РУДН. – Москва, 2013, с. 90–95.

43. Опыт прогноза подтопления лёссовых территорий / Е.В. Щекочихина, И.Ю. Кузьменко, Е.А. Степанова // В сборнике: Проблемы геологии и освоения недр. Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2013, с. 496–498.

44. Геоэкологические проблемы освоения территорий, сложенных дисперсными грунтами / Е.В. Щекочихина, Ю.И. Олянский, Т.М. Тихонова и др. // Современные проблемы географии, экологии и природопользования: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2012, с.106–112.

45. Инженерно-геологические особенности сарматских глин южной окраины русской платформы / Е.В. Щекочихина, О.В. Киселева, Е.А. Степанова // Наука и образование: архитектура, градостроительство и строительство: материалы Междунар. конф. посвящ. 60- летию образования вуза, 18–19 сент. 2012 г., Волгоград: в 2 ч. – Волгоград, 2012. – Ч. II, с. 79–82.

46. Геологические проблемы строительства на глинистых грунтах Северного Причерноморья / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, И.Д. Махов // Актуальные проблемы городского строительства. Сборник трудов Всероссийской научной технической конференции. Пенза. 2019, с. 3–7.

47. Инженерно-геологические аспекты выветривания сарматских глин / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина, Т.Ю. Хлуднева // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2021. № 4 (41), с. 308–315.

48. Реологическая оценка сарматских глин как основа регионального прогноза оползней течения / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2009. № 14 (33), с. 13–16.

49. Зависимость скорости прохождения упругих волн от показателей свойств сарматских глин / Ю.И. Олянский, Е.В. Щекочихина // В сборнике: Сергеевские чтения. Международный год планеты Земля: задачи геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Материалы годичной сессии. Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Ответственный редактор В.И. Осипов. 2008, с. 501–506.

Щекочихина Евгения Викторовна

Инженерно-геологическое обоснование строительства на территориях совместного залегания лёссовых просадочных и глинистых набухающих пород (на примере Северо-Западного Причерноморья и Центрального Предкавказья)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Подписано в печать 2023 г.

Формат 60x84/16

Бумага офсетная.

Гарнитура Times New Roman.

Печать трафаретная.

Усл. печ. л. 2,0. Тираж 100. Заказ № 108

Волгоградский государственный
технический университет
Сектор оперативной полиграфии ЦИТ
400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1