

УДК 551.54

**ЛЕССОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ  
ОПАСНЫЕ ПРОЦЕССЫ**

Доктор геогр. наук Ф.Ж. Акиянова

*Рассмотрены особенности территориального распространения лессов и лессовидных отложений, показана зависимость их состава и мощности от литологии подстилающих пород и рельефа. Охарактеризованы опасные просадочные свойства лессов и лессовидных суглинков, которые необходимо учитывать при хозяйственном, особенно селитебном освоении в связи высоким риском развития опасных процессов – просадки, суффозии, оползней и обвалов, оврагоформирования и др.*

Лессы и лессовидные отложения являются одними из наиболее широко распространенных типов континентальных четвертичных отложений почти на всех континентах Земли, причем наибольшее развитие они получили в Евразии и Америке. Лессовые породы перекрывают более трети площади СНГ – 34 % [9], в Казахстане они занимают до 70 % территории и приурочены к северной, центральной, южной и юго-восточной частям республики, менее развиты на западе. Лёссовые породы широкой полосой обрамляют горно-складчатые сооружения юга республики: Каратау, Таласский, Иле и Жетысу Алатау, они развиты в пределах Казахского мелкосопочника, аккумулятивных и денудационных равнин Северного Казахстана. Сплошные мощные покровы лёссовых пород характерны для низкогорий, пролювиальных и аллювиально-пролювиальных предгорных равнин, делювиально-пролювиальных разновозрастных плейстоценовых конусов выноса [2, 3]. На остальной площади развитие получили фрагментарно распространенные маломощные покровы лёссовых пород: делювиально-пролювиальные в пределах конусов выноса и их шлейфов; элювиально-делювиальные на разновозрастных водораздельных поверхностях, возвышенностях; озерно-аллювиальные и аллювиальные на аккумулятивных равнинах плейстоценового возраста и высоких террасах крупных речных систем: Сырдарии, Сарысу, Чу, Или и др. Мощность покровов лёссовых пород изменяется от первых до 50...60 м и более в пределах высоких предгорных ступеней и межгорных впадин [4].

Исследование основано на анализе опубликованных данных по лессу и лессовидным породам в других регионах мира и СНГ [5, 7], а также работ автора в пределах Северного Казахстана [8] в рамках геолого-геоморфологических исследований, при изучении и картографировании опасных просадочных явлений в лессах и лессовидных суглинках по территории Казахстана, проведенных совместно с канд. геол.-мин. наук М.Т. Адиковым (2009...2010 гг.).

Термин «лесс» пришел из немецкого языка, это неслоистая [осадочная горная порода](#) палевой окраски, мало влажная, слабо агрегированная, по гранулометрическому составу относится к пылеватым суглинкам и супесям. Лёссовые породы подразделяются на лессы и лессовидные суглинки. На 60...70 % в их составе преобладают пылеватые частицы, частицы песка крупнее 0,25 мм отсутствуют, глинистые частицы содержатся в незначительном количестве. Глинистые минералы представлены каолинитом, иллитом, монтмориллонитом и незначительны по содержанию. Лесс и лессовидные породы содержат значительные включения карбонатов. Характерной особенностью лессов является их высокая пористость, достигающая 46...52 % от общего объема породы. Опасными свойствами являются высокая просадочность (осадка при замачивании) и эрозийная размываемость [6].

Лессовые грунты встречаются в различных районах Казахстана и широко используются в качестве строительного основания. Недооценка их просадочных свойств при проектировании и строительстве приводит к деформациям зданий и сооружений. Поэтому изучение специфических свойств таких грунтов для целей безопасности строительства являются актуальными. Под термином «просадочные явления» понимают уплотнение лессовых пород с вертикальной деформацией (осадкой) под действием увлажнения и нагрузки. В строительном отношении лессы и лессовидные породы классифицируются как структурно-неустойчивые сложные грунты, характеризующиеся опасностью просадок, приводящих к деформации зданий и сооружений, активизации других опасных процессов: суффозии, оползне- и оврагообразования. Территории развития лессовых отложений представляют большую потенциальную опасность негативных проявлений геолого-геоморфологических процессов.

В равнинной части Северного Казахстана субаэральные отложения сплошным чехлом покрывают водораздельные пространства, породы представлены лессовидными суглинками пылеватого состава, желто-

бурого и палевого цвета, обладают повышенной карбонатностью и пористостью. Лессовидные супеси встречаются реже; участками в толщах наблюдаются тонкие прослои мелкозернистых глинистых песков. Мощность отложений до 10 м. Наибольшую мощность эти отложения имеют на участках гривного рельефа на Тобол-Убаганском и Убагано-Есильском междуречьях, где на гривах и пологих всхолмлениях она достигает 10...12 м, в межгривовых понижениях снижается до 1 м.

Анализируя искусственные обнажения (район оз. Карой, Теке, Кзылкак) водораздельных покровных толщ, постепенно переходящих в подстилающие озерно-аллювиальные отложения неогена и реже палеогена, можно прийти к возможности возродить точку зрения Л.С. Берга (1916 г.) об элювиальном образовании лессовидных суглинков. Облессование рыхлых минеральных масс (пылеватость, известковистость и т.д.), а в широком смысле трансформация верхних горизонтов глин и суглинков теоретически не оспаривается. Монотонность разреза суглинков и отсутствие в разрезе погребенных почв не свидетельствуют в пользу эолового накопления. Что касается различных субаквальных, главным образом озерных отложений, то они возможны спорадическими пятнами и на поверхности низких плато, и в мелкосопочной части Северного Казахстана. Иными словами, казалось бы однородная покровная толща на самом деле гетерогенна, включая незначительное перемещение мелкозема за счет микрорельефа равнинных поверхностей. Эпигенетические преобразования рыхлых масс, как правило, уничтожают мелкую органику, и в элювиальных суглинках обычно не содержатся споры и пыльца. Элювиальный процесс продолжается весь четвертичный период, и следы трещин усыхания или криодеформаций в разрезах элювиальных суглинков располагаются в подошве почвенно-растительного слоя.

Обширные приподнятые площади развития элювиальных суглинков по озерным отложениям неогена располагаются между оз. Карой, Теке, Кзылкак, Табылгасор. Далее на восток в Прииртышье горизонт легких мелкопористых суглинков и супесей имеет сравнительно отчетливую нижнюю границу (особенно над аллювиальными толщами), определенное стратиграфическое положение в сводном разрезе и преимущественно субаквальный генезис.

При определении возраста покровных водораздельных суглинков существенное место занимает выяснение геоморфологических соотношений. Если в западной части Ишим-Иртышского междуречья соотношения водо-

раздельной толщи и вложенных в нее осадков долины р. Ишим, Камышловского лога, реки Чаглинки и отложений современных озер не противоречат законам стратиграфии, то с данными по Прииртышью дело обстоит сложнее. Здесь в разные годы собран богатый палеонтологический материал, главным образом по правобережью р. Иртыш, и создано большое количество разноречивых стратиграфических построений, порой не подтверждающихся геоморфологическими соотношениями. Исключение составляют участки, приподнятые в результате неотектоники, как, например, Павлодарский вал, где практически на дневную поверхность выведены породы нижнего плиоцена. Что касается просадочных свойств лессовидных суглинков в пределах Северного Казахстана, то здесь выделяется три степени опасности: слабая или отсутствует, незначительная и умеренная (рис. 1).



Рис. 1. Степень опасности просадок в лессовых грунтах в пределах Северного Казахстана.

Более молодая генерация – так называемая палевая свита, имеет региональное распространение, почти сплошным чехлом перекрывает более древние четвертичные, а также неогеновые и олигоценые отложения, выравнивая предшествующий аккумулятивный рельеф. В составе преобладают неяснослоистые супеси и легкие суглинки с рассеянными песчаными и гравийными зернами, количество которых увеличивается книзу. В основании разреза нередко выражена горизонтальная слоистость за счет тонких прослоев (0,5...10 см) опесчаненных глин, алевритов и разнозернистых пес-

ков с гравием. Вся толща карбонатизирована, особенно нижняя (мощность до 1 м) слоистая часть разреза, которая из-за устойчивости сцементированных слоев имеет ребристый облик в выветренном состоянии. Наиболее характерная мощность всей толщи, включая горизонт современных почв, составляет 2...3 м. Подошва в большинстве случаев горизонтальная, часто дополнительно подчеркнутая морозобойными клиньями. Местами, когда подошва плавно или карманообразно погружена, мощность палеовой свиты нарастает до 5...8 м. Генезис осадков проблематичный, видимо, субаквальный. Распространены они только на равнинах и отсутствуют в области мелкосопочника. Гранулометрический состав отложений свиты в различных геоморфологических условиях изменяется. Проанализировано по пять образцов, отобранных с одинаковой глубины в шести разрезах 2-метровой мощности. Три разреза находятся в долине р. Иртыш, где отложения свиты ложатся на аллювий второй террасы, а три других выбраны на водораздельной поверхности (возможно, третья терраса р. Иртыш). В первом случае во всех образцах отмечается повышенное содержание песчаных и гравийных частиц, в среднем на 20...25 %. Вторая группа разрезов содержит в 1,5...2 раза больше глинистых и алевритовых частиц. Как в агрегатном, так и в дисперсном состоянии характеристики в целом совпадают. Объясняются ли указанные отличия механического состава частичными изменениями условий осадконакопления или различной длительностью эпигенетического выветривания – пока сказать трудно.

Возраст палеовой свиты большинством исследователей считается позднечетвертичным на основании находок фауны мамонтового комплекса. Наши дополнительные сборы фауны, а также палинологическое изучение толщи Чупиной Л.Н. подтверждают эту точку зрения. Началась аккумуляция покровных суглинков в условиях относительно влажного и, вероятно, мягкого климата. Позже наступили аридизация климата и неблагоприятные условия не только для развития растительного покрова, но и для сохранности пыльцы. Завершается эпоха аккумуляции суглинков развитием растительности и климата современного типа. В этой связи, видимо, не следует игнорировать находки остатков голоценовых млекопитающих: лошади, кабана и домашнего быка (определения Б.С. Кожамкуловой) из верхней 0,5-метровой части палеовой свиты. Таким образом, в Павлодарском Прииртышье ко времени максимального похолодания позднего плейстоцена завершилось накопление грубозернистого аллювия. Затем отложились спокойно-водные алевриты в бывших правобережных прито-

ках р. Иртыш и осадки его второй террасы и все вместе перекрылось горизонтально-слоистыми супесями и суглинками палеовой свиты. По отложениям палеовой свиты развит современный почвенный покров.

Лёссовые породы предгорных ступеней, пролювиальных и аллювиально-пролювиальных равнин, а также межгорных впадин являются наиболее просадочными породами Казахстана, которые могут проявлять значительную просадку под собственным весом и большую просадку при дополнительных давлениях. Начальное просадочное давление лессовых пород чаще составляет менее 0,1 МПа.

Просадочные лессовые грунты по величинам коэффициента пористости делятся на: 1) низкопористые и 2) высокопористые, по степени водонасыщения делятся на три категории: 1) малой степени водонасыщения, 2) средней степени водонасыщения, 3) водонасыщенные. Просадочные грунты имеют невысокую влажность и прочные структурные связи. В природном состоянии их деформация под нагрузкой незначительна. Однако после увлажнения возникает просадка, которую условно делят на два типа: быстро протекающая (собственно просадка) и медленно протекающая (послепросадочная деформация). Наименьшую влажность лессовых грунтов в зоне аэрации имеют лессовые породы южных засушливых районов Республики, где она равна 0,04...0,12 %, в северных районах она повышается, достигая порой 20 %.

В толще лесса просадка от собственного веса отмечается с глубины 1,0...3,5 м. Территории с грунтовыми условиями по просадочности, в зависимости от возможной величины суммарной просадки от собственного веса грунта подразделяются на два типа:

1) грунтовые условия, в которых в основном возможна просадка грунтов от внешней нагрузки, а просадка грунтов от собственного веса отсутствует или не превышает 5 см; 2) грунтовые условия, в которых, помимо просадки грунтов от внешней нагрузки, возможна просадка от собственного веса и размер ее превышает 5 см. Указанное подразделение грунтовых условий по типам просадочности играет большую роль при назначении инженерных мероприятий и рациональных конструкций фундаментов на территориях, сложенных просадочными грунтами. Около 10 % всей лессовой территории приходится на просадочные лессовые грунты Южного (рис. 2) и Восточного Казахстана: предгорные ступени, адыры, равнины и межгорные равнины.

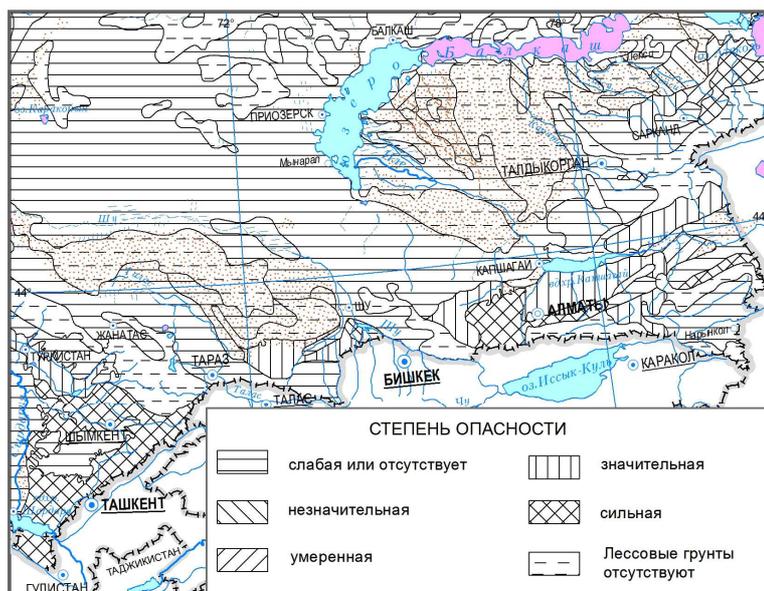


Рис. 2. Степень опасности просадок в лессовых грунтах в пределах Южного Казахстана.

Они характеризуются по грунтовым условиям просадочности как 2 тип с мощностью лессового грунта от 10 до 40 м и, в котором просадочная толща составляет от менее 10 до более 20 м. Суммарная просадка лессовых пород от собственного веса изменяется в широком интервале от 5 до более 100 см. Остальная территория, преимущественно водораздельные равнины юга, юго-запада, востока и севера республики, представлена грунтовыми условиями по просадочности I типа. Здесь общая мощность лессового покрова 3...10 м. В них просадочный горизонт менее 3...10 м. Суммарная просадка от собственного веса менее 5 см.

Для территорий с лессовыми грунтами характерно, прежде всего, развитие оврагов. По склонам глубоких оврагов проявляются оползни, в обнажениях – обвалы столбчатых отдельностей, в мощных лессовых толщах нередко прослеживаются псевдокарстовые формы рельефа. На водораздельных участках территорий 2 типа грунтовых условий получили развитие просадочные блюдца. При избыточном увлажнении проявляются просадки со смещением на дневной поверхности до 30...100 см, с присутствием трещинами и ступенчатыми блоками. В обводненных зонах склонов образуются оплывины, которые могут сформировать временные завалы русел рек и дать начало грязевым или грязекаменным селевым потокам.

В результате хозяйственного освоения просадочные процессы усиливаются и проявляются в более широких масштабах при землетрясениях, особенно в районах с повышенной 9...10 балльной сейсмичностью. Промышленно-гражданское и ирригационное строительство могут способствовать проявлениям процессов подтопления и вторичного засоления территорий с лессовыми грунтами. При недостатке данных по инженерным изысканиям, несоблюдении требований нормативных документов к работам по деформации и правил эксплуатации зданий и сооружений, неправильном выборе методов подготовки лессовых оснований возникают деформации выстроенных объектов. По этим причинам произошли деформации зданий и сооружений в городе Алматы и его пригородах на территориях с грунтовыми условиями просадки 2 типа. Деформации этих зданий вызваны замачиванием просадочных оснований как сверху, вследствие утечек из водоводов и коммуникаций, так и снизу, при подъеме грунтовых вод. Для обеспечения безопасности функционирования сооружений в пределах развития лессовых грунтов с опасными просадочными свойствами, а в целом для обеспечения безопасности жизнедеятельности населения, необходима разработка системы рекомендаций по применению совершенных методов строительства на просадочных грунтах, обеспечивающих прочность, устойчивость и нормальную эксплуатацию зданий и сооружений. И научным обоснованием для определения территорий с риском развития опасных просадочных явлений в лессах и лессовидных суглинках является «Карта опасности лессовых просадок», составленная в Институте географии с участием автора, фрагменты которой и представлены в данной публикации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адиков М.Т. и др. Схема районирования территории Талдыкурганской области по прогнозу просадочности лессовых грунтов. – Алма-Ата: Госстрой Казахской ССР. Республиканский межотраслевой Центр научно-технической информации. Серия инженерные изыскания. №8. 1980. – 5 с.
2. Адиков М.Т., Быкова В.С., Минервин А.В. Лессовые породы Казахской складчатой страны. / В кн.: Лессовые породы СССР. Т. II. – М.: Недра, 1986. – 275 с.
3. Быкова В.С. Лессовые породы Казахстана и Средней Азии. Казахская ССР. / В кн. Лессовые породы СССР. – М.: Наука, 1966. – 256 с.

4. Величко А.А. Лессово-почвенная формация Восточно-Европейской равнины. Палеогеография и стратиграфия. – М.: Российский фонд фундаментальных исследований. 1997. – 144 с.
5. Кригер Н.И. Лёсс. Формирование просадочных свойств. – М.: Наука, 1986. – 132 с.
6. Кригер Н.И., Котельникова Н.К., Лаврусевич С.И. и др. Закономерности формирования просадочных свойств лёссовых пород Средней Азии и Южного Казахстана. – М.: Наука, 1981. – 132 с.
7. Лёссовый покров Земли и его свойства / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 2001. – 464 с.
8. Нурмамбетов Э.И., Чупина Л.Н., Акиянова Ф.Ж. Геология Северного Казахстана (стратиграфия). – Алма-Ата: Изд-во «Наука» КазССР, 1987. – 220 с.
9. Соколов В.Н. Проблема лёссов. МГУ им. М.В. Ломоносова. // Соросовский Образовательный Журнал. – 1996. – №9. – С. 86-93.

Институт географии ННТХ «Парасат» МОН РК, Алматы

### **ЛЕСС ШӨГІНДІЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРМЕН БАЙЛАНЫСТЫ ҚАУІПТІ ПРОЦЕСТЕР**

Геогр. ғылымд. докторы Ф.Ж. Акиянова

*Мақалада лессар мен лесс тәрізді шөгінділердің территориялық таралу ерекшеліктері қарастырылды, олардың құрамы мен қалыңдықтарының астыңғы таужыныстарының литологиясы мен жер бедеріне тәуелділігі көрсетілді. Шөгу (отыру), суффозия, жылжымалар мен опырылулар, жыра түзілу және т.б. қауіпті процестер дамуының жоғары қауіптілігімен байланысты шаруашылықта, әсіресе селітебті игеруде лессар мен лесс тәрізді саздақтардың қауіпті шөгу (отыру) қасиеттеріне сипаттама берілді.*