

145  
19115

**ПРОБЛЕМЫ ЛЕССОВЫХ ПОРОД  
В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ**

ТРУДЫ ВСЕСОЮЗНОГО  
СОВЕЩАНИЯ  
1980 г.

·ФАН·

28. Шварцев С. Д. О физико-химических процессах в толще многолетнемерзлых пород. В кн. "Криогенные процессы в почвах и горных породах". М., 1965.
29. Шуклин Е. Д. О некоторых задачах физико-химической теории прочности тонкодисперсных пористых тел - катализаторов и сорбентов. Кинетика и катализ, т.6, № 1, 1965.
30. Чепижный К. И. Использование представлений о дислокационных механизмах роста кристаллов для решения задач генетической минералогии. В сб. "Новые данные о минералах СССР", вып.25, М., 1976.
31. Badger W.W., Lohnes R.A. Pore structure of friable loess.- Highway Res.Rec., 1973, N 429, p.14-23.
32. Rodney J., Turgut D. Micro-pore-size analysis of a friable loess. - Highway Res.Rec., N 429, 1973, p.1-13.
33. Rodney J. Discussion about article: Badger W. Lohnes R.A. Pore structure of friable loess.- Highway Res. Rec., 1973, N 429, p.23-25.
34. Smalley I.J., Cabrera J.G. The shape and surface texture of loess particles.- Geological society of America, Bulletin, vol.81, N 5, 1970, p. 1591-1594.
35. Smalley I.J., Cabrera J.G. The shape and surface texture of loess particles: Reply. - Geological Society of America, Bulletin, vol.82, N.8, p. 2361-2364.
36. Vita - Finzi C., Smalley I.J., Krsley D.H. Crystalline overgrowths on Quartz Particles, - Journal of geology, vol.81, N.1, 1973, p. 106-108.

С.М.Касимов, К.Ш.Нурмухамедов,  
Р.А.Тиллябоев

## ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ПОРОД В СЕЙСМОАКТИВ- НЫХ РАЙОНАХ

(Институт сейсмологии АН УССР)

В настоящее время сейсмически активная зона занимает около 20% территории нашей страны, на которой расположены столицы союзных республик Алма-Ата, Фрунзе, Ташкент, Ашхабад, Баку, Тбилиси, Кишинев и др., с общим населением около 50 млн. человек. Основная часть городов и населенных пунктов, промышленно-гражданских объектов и другие виды сооружений преимущественно построены на территории распространения лессовых пород.

В связи с тем, что сейсмический эффект от землетрясений на поверхности земли зависит в первую очередь от инженерно-геологических условий территории, изучение лессовых пород в сейсмически активных районах — весьма актуальный вопрос инженерной геологии, рациональное решение которого способствует долговечности и сейсмостойкости инженерных сооружений.

Первые работы по этому вопросу появились в конце прошлого и начале XX веков. Макросейсмический эффект сильных разрушительных землетрясений описывали И.В.Мухометов, М.М.Бронников, В.Н.Вебер, Ф.М.Чернышов и др. Позже этой проблемой занимались К.И.Богданович, Г.П.Гориков, Д.И.Мухометов, В.О.Дюхер, И.А.Гезелишвили, С.В.Медведев, А.Н.Сефьян, В.В.Попов и многие другие.

С 1960 г. в связи с сейсмическим микрозонированием и интенсивным строительством в соответствии с постановлениями директивных органов, изучение лессовых пород в сейсмически

ных районах приобретает широкие размеры. При этом большой вклад в изучение лессовых пород вносили многие научные и производственные организации, такие как ИФЗ АН СССР (С.В. Медведев, один из основоположников инженерной сейсмологии; Пучков, Кац, Шабалин, Попов и др.), ВИСА им. Куйбышева (Попов, Назаров и др.), ПНИИИстрой СССР (Кригер, Баулин, Миндель, Кожеников, Алин и др.), ИЗК СО АН СССР (Соловьев, Павлов, Павленко, Яковлев, Джурин, Сыров и др.), ИС АН УзССР (Мавлянов, Касымов, Шерматов, Джуреев, Абдурахманов, Худайберганов и др.), САФНИИОСП (Мусаев, Лаврусов и др.), Таджикгипрогаз (Оглоблин, Миндель), Таджикгипрогаз (Орипов, Лаврусов и др.), ТИСС АН ТаджССР (Мирзобоев, Коган, Романов), ИС АН ТССР (Вахтанов, Эванов, Герасимов), КазГНИИЗ (Адыков, Яковлев, Солдатенко, Гиркенов), ИС АН КиргССР (Колмураев, Дуименов, Репин, Турдыкулов) ИГ и Г АН МолдССР (Яковлев, Богуславский, Саянов и др.) и многие другие. Особо отмечаются заслуги работы С.В. Медведева "Инженерная сейсмология" (1962), которая послужила методической основой для развития инженерно-сейсмологических исследований лессовых пород других горных пород в сейсмически активных районах.

Анализ литературных данных, также опыт исследования лессовых пород в сейсмически активных районах, проведенных Институтом сейсмологии АН УзССР свидетельствует в пределах Узбекистана позволили установить некоторые специфические особенности лессовых пород, влияющие на изменение сейсмического эффекта на поверхности земли.

1. Возраст и генезис лессовых пород. Влияние этих факторов впервые выявили Г.А. Мавлянов и др. (13), а позже подтвердили мы инструментальными геофизическими методами исследований при сейсмическом зондировании территории городов Ташкента, Ангрен, Чирчик и др. (5,6). Сходные результаты дал анализ материалов макросейсмических обследований последствий Юфре-Ташского и Тавксайского землетрясений 1977 года (8,9).

2. Петрографические различия лессовых пород также влияют на изменение сейсмической интенсивности. Это выявля-

но при сейсмическом микрорайонировании территории г.Ташкента (рис.1), где лессовидные породы по сравнению с древним аналогом лесса - "каменным лессом" по макросейсмическим, геофизическим и инструментальным данным дали приращение +1 балл (10).

3. Современное пространственное положение района с различными физико-географическими условиями изменяет сейсмический эффект в пределах одного балла. Это подтверждено инструментальными и геофизическими исследованиями. Например, в бассейне р. Чирчик для 20-метровой толщи лессовых пород, распространенных в его нижней части, средняя скорость продольных волн составляет 700-800 м/с. В направлении к верхней части бассейна значение скорости продольных волн закономерно повышается до 1200-1400 м/с. Это обусловлено изменением физико-географических условий в этом направлении (18,19). Для некоторых районов Н.И.Кригер, А.Д.Кожанников, И.Г.Миндель (11) установили связь сейсмических оценок лессовых пород с географической средой.

4. Наибольшую роль в изменении сейсмической интенсивности играет мощность лессовых пород. Макросейсмическое обследование последствий Ташкентского землетрясения выявило возрастание сейсмического эффекта с увеличением мощности лессовых пород. Это подтверждено инструментальными и геофизическими методами исследований. Аналогичные данные получены при сейсмическом микрорайонировании территории других городов и гидротехнических сооружений.

5. Интенсивность сейсмических колебаний зависит от состава и инженерно-геологических свойств грунтов, в связи с этим на основании интерпретации многочисленных материалов впервые С.В.Медведев (14) разработал таблицу приращения сейсмической балльности и вывел формулу определения по акустическим жесткостям. При этом учитывалась объемная масса пород и скорость прохождения продольных волн, а также глубина залегания уровня грунтовых вод. Эта таблица приращения сейсмической балльности в зависимости от типа пород уточняется и дополняется СНиПом и Рекомендацией по сейсмическому микрорайонированию.

Инженерно-геологические и сейсмические свойства лессовых и других пород взаимосвязаны и при сейсмических колеба-

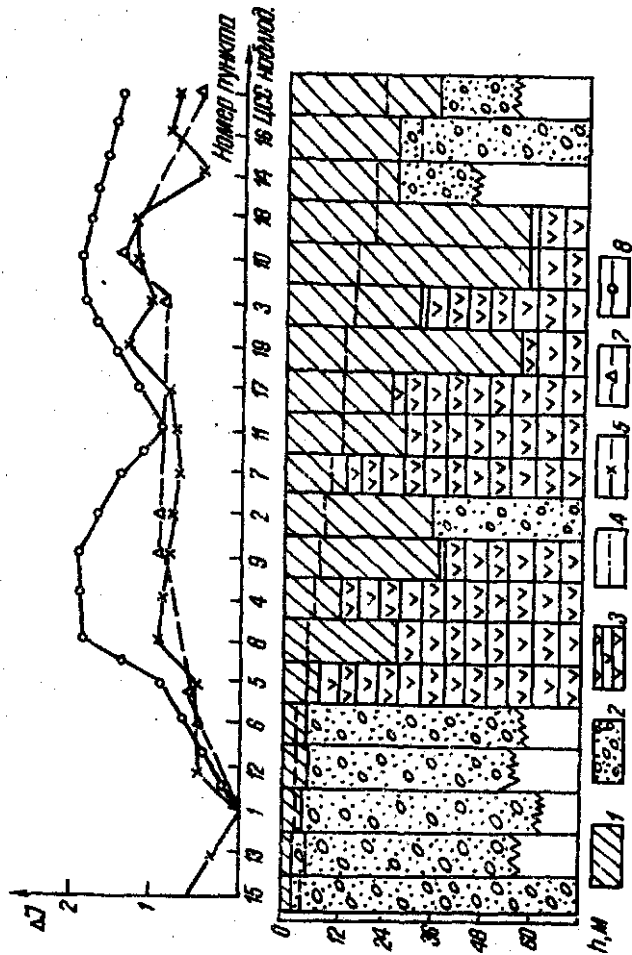


Рис. 1. Изменение приращения сейсмической балльности от грунтовых условий г.Ташкента. 1 - лессовидные породы, 2 - гравийно-галечниковые отложения, 3 - каменистый лесс, 4 - уровень грунтовых вод; приращение балльности: 5 - по инструментальным, 6 - акустическим, 7 - макросейсмическим данным.

ниях выражаются сейсмической устойчивостью, которая определяется углом наклона, углом внутреннего трения и углом относительно эпицентральной зоны (2, 20, 25) .

В последние годы получены многочисленные корреляционные зависимости изменения скорости прохождения продольных и поперечных волн в зависимости от инженерно-геологических свойств (2,3,7,11,17).

А.Н.Вахтанов (8) выявила зависимости между влажностью, пористостью, коэффициентом пористости и скоростью продольных волн.

На основании анализа материалов немц. С.М.Касымовым и др. (7) определена корреляционная связь между объемной массой и  $V_p$  - скоростью продольных волн применительно к лессовым и обломочным породам.

Н.И.Кригер и др. (11) установили изменение скорости продольных волн в зависимости от влажности и парагенетических комплексов влаги и вывели новую формулу определения приращения бальности с учетом влажности и глубины залегания уровня грунтовых вод.

6. Геологические и инженерно-геологические процессы и явления также увеличивают сейсмическую опасность (10). К ним относится обводнение территории, просадочные явления, заболачивание, оползни. В условиях большинства городов Узбекистана широко распространены лессовые породы, обладающие просадочными свойствами, что вызывает потенциальную опасность увеличения исходного балла. Закономерности изменения сейсмической опасности в зависимости от проявлений просадки изучали В.В.Попов и др. (21), Н.И.Кригер и др. (11) и в настоящее время ведут исследования в этой области С.М.Касымов и др. Они установили, что во время проявления просадки лессовых пород значительно снижается скорость продольных волн и ухудшаются сейсмические условия в пределах 1-2 баллов. Аналогичные явления отмечены на горных склонах В.И.Улюмовым и др. (24), где формируются оползневые процессы .

7. Уровень грунтовых вод и их циркуляция - один из основных факторов, определяющих изменение исходного балла.

Влияние этого фактора выявлено при макросейсмических обследованиях последствий как прошлых, так и недавних сильных разрушительных землетрясений. Инструментальные исследования, проведенные при сейсмическом микрозонировании Алматы, Фрунзе, Ашхабада, Душанбе, Махачкалы, Ташкента и др. показывают, что худшими в сейсмическом отношении являются лессовые и песчаные отложения с близким залеганием грунтовых вод. При этом интенсивность в лессовых грунтах увеличивается на один балл при глубине залегания грунтовых вод 6 м от поверхности. Для песчанистых грунтов эта величина, по данным С.В.Медведева, равна 2 м; по В.В.Попову - 4 м; для г.Махачкалы - 3 м; Ашхабада - 4 м (2). Причины подобного расхождения в оценках влияния уровня грунтовых вод, по мнению А.Н.Вехтеновой, в недоучете влияния на сейсмические свойства грунтов мощности капиллярно-водоносного слоя, расположенного выше зеркала грунтовых вод.

В результате экспериментальных исследований Н.И.Кригер и др. (II) также установили влияния уровня грунтовых вод в районе Ставропольского края, где с уменьшением глубины залегания уровня грунтовых вод от 14 до 0,0 м приращение балльности увеличивается до +1,6 балла.

8. Расчлененность рельефа и крутизна склонов может существенно сказаться на изменении эффекта землетрясения (14, 15, 22).

Экспериментальные исследования С.В.Пучкова (22), И.Л.Неросова и др. (16), Г.А.Лямзиной, Т.Г.Ивановой (12), Е.М.Бугаева (I) и др. по записям сейсмических колебаний выявили увеличение интенсивности колебаний от основания вверх по склону. Помимо этого обнаружено изменение амплитуд колебаний в зависимости от локальных условий склона, где интенсивность колебаний увеличивается по мере роста крутизны склона в области коротких периодов (12).

Влияние рельефа и крутизны склонов на сейсмичность также обнаружено нами при макросейсмических исследованиях последствий Исфара-Баткенского, Таваксайского землетрясений (8,9), где на вершинах крутых склонов более  $45^{\circ}$  и расчлененных местностях приращение балльности составляло от 0,5



до I балла по сравнению со спокойным рельефом.

В последние годы широко применяются теоретические методы расчета определения влияния вышеуказанных факторов на сейсмичность. Сотрудниками Института сейсмологии АН УССР провели исследования в этом плане (16,23). Методом моделирования определено влияние обводненных слоев, мощности, слоистости среды и др. на спектральную характеристику грунта. Результаты показывают, что максимальные смещения частиц грунта обводненной среды почвы в два раза больше смещения частиц среды в состоянии влажности. С увеличением мощности и числа слоев увеличивается амплитуда смещения (рис.2,3).

Влияние вышеперечисленных факторов на изменение сейсмического эффекта выявлено на отдельных участках и площадях опытно-экспериментальными исследованиями и при сейсмическом микрозонировании. Однако в настоящее время многие основные проблемы изучения лессовых пород остаются нерешенными. Исходя из этого, мы сформулировали проблемы изучения лессовых пород в сейсмически активных районах.

1. Разработка теории формирования инженерно-сейсмологических условий территории распространения лессовых пород.

2. Изучение закономерностей формирования инженерно-геологических, сейсмических свойств лессовых пород и усовершенствование методов прогноза их изменения под влиянием естественных и искусственных факторов.

3. Изучение закономерностей пространственного распространения сейсмогеологических, сейсмолитологических процессов и явлений и усовершенствование теоретико-методических основ пространственно-временного прогноза при их сейсмических воздействиях и различных видах хозяйственной деятельности человека.

4. Разработке теоретических и методических инженерно-сейсмогеологических и сейсмогеокриологических основ детального сейсмического районирования и микрозонирования применительно к территориям распространения лессовых пород.

5. Разработка методики инженерно-геологических, геофизических и инструментальных сейсмологических исследований при детальном сейсмическом районировании и микрозонировании лессовых массивов в зависимости от сложности условий.

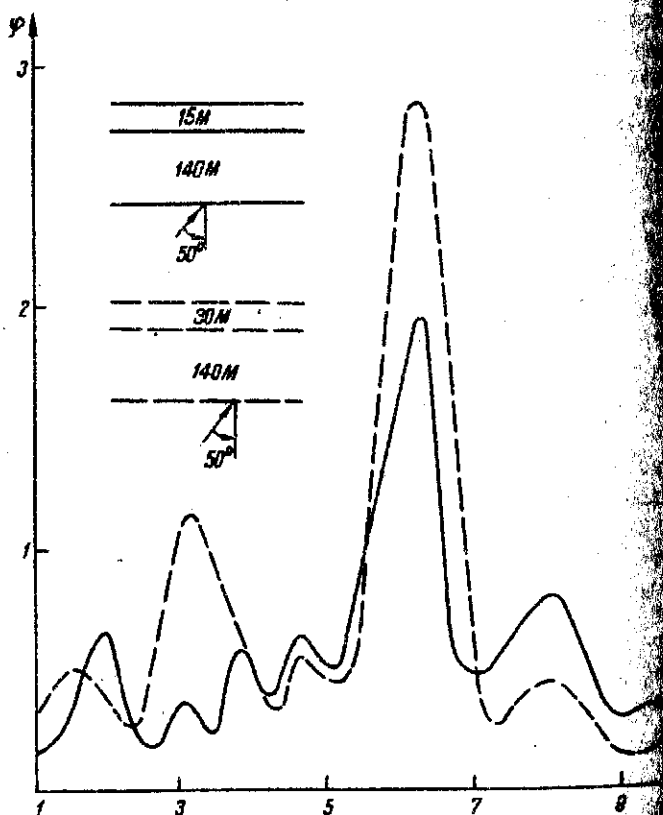


Рис. 2. Влияние мощности слоя на горизонтальное расстояние.  
1 - 15, 2 - 30 м (по С.М.Касимову, 1979).

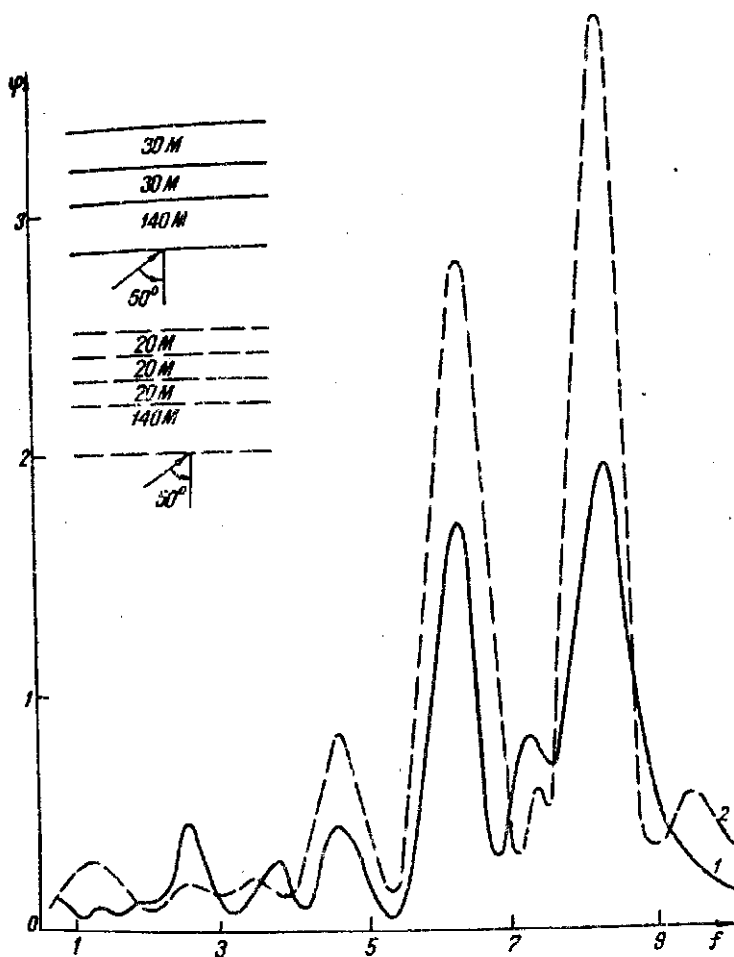


Рис. 3. Влияние слоистости на спектральную характеристику двухкомпонентных сред: 1 - двухслойная, 2 - трехслойная (по С.М.Касымову, 1979).

6. Разработке и внедрение в практику эффективной методики комплексирования методов разведочной геофизики при инженерно-геологических исследованиях лессовых пород и разработка новых программ машинных способов обработки геофизико-географических материалов.

7. Усовершенствование методики геолого-геофизической интерпретации результатов исследований и оценки приращенности корреляционным анализом геофизических и инженерно-геологических параметров лессовых пород.

8. Усовершенствование радионуклидной аппаратуры и разработка методики определения инженерно-геологических свойств лессовых пород как на массивах, так и в лабораторных условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бугаев Е. Г. Исследование характера колебаний оснований каньонов при близких землетрясениях. ВИС, вып. 1973.
2. Вахтанов А. Н. Инженерно-геологическая основа сейсмического микрорайонирования (Туркменской ССР). Автореф. докт. дисс., М., 1971.
3. Вахтанов А. Н. О корреляционной зависимости между инженерно-геологическими и сейсмическими характеристиками пород. В сб. "Сейсмическое микрорайонирование", вып. I, Душанбе, 1973.
4. Вахтанов А. Н. Методические указания к проведению инженерно-геологических исследований для сейсмического микрорайонирования. В сб. "Инженерно-геологическая основа сейсмического микрорайонирования", Ташкент, 1977.
5. Касимов С. М. / и др. / . Информационное сообщение № 61. Ташкент, 1972.
6. Касимов С. М. / и др. / . Сейсмическое микрорайонирование г. Чирчика и некоторые вопросы методики. Ташкент, 1977.

7. К а с ы м о в С. М., Н у р м у х а м е д о в К. Ш.,  
В а л и е в Т. С. К вопросу определения скорости  
прохождения сейсмических волн в лессовых и  
обломочных грунтах Восточного Узбекистана. Ин-  
формационное сообщение № 190, Ташкент, 1978.
8. К а с ы м о в С. М. / и др. / Результаты макросейми-  
ческого обследования Исфара-Баткенского земле-  
трясения 31 января 1977 г. на территории неко-  
торых городов УзССР. Информационное сообщение  
№ 194, Ташкент, 1978.
9. К а с ы м о в С. М. / и др. / Таваксайское землетрясе-  
ние 1977 г. Информационное сообщение № 197.  
Ташкент, 1978.
10. К а с ы м о в С. М. Инженерно-геологическая основа  
сейсмического микрорайонирования. Ташкент,  
1979.
11. К р и г е р Н. И. / и др. / Сейсмические характе-  
ристики лессовых пород в связи с геологическим  
окружением и техногенезом. М., 1980.
12. Л я м з и н е Г. А., И в а н о в а Г. Г. Зависи-  
мость интенсивности горизонтальных колебаний  
от крутизны склонов. ВИСА, вып. 15, 1973.
13. М а в л я н о в / и др. /. Приращение сейсмической  
интенсивности территории Узбекистана в зави-  
симости от инженерно-геологических условий.  
В сб. "Вопросы региональной сейсмичности Сред-  
ней Азии". Фрунза, 1964.
14. М а д в е д е в С. В. Инженерная сейсмология. М., 1962.
15. Н а з а р о в А. Г. Метод инженерного анализа сейсмичес-  
ких сил. Ереван, 1959.
16. Н е р с е с о в И. Л. / и др. /. Труды координационно-  
го совещания по гидротехнике. вып. 47, Л., 1969.
17. Н у р м у х а м е д о в К. Ш. О взаимосвязи инженер-  
но-геологических и сейсмических свойств лессовых  
пород Чирчик-Ахангаранского бассейна. "Узб. геол.  
журн.", 1978, № 3.

18. Н у р м у х а м а д о в К. Ш. О сейсмических особенностях лессовых пород Чирчик-Ахангаранского бассейна. В кн. "Районирование сейсмической опасности и поиска предвестников землетрясений". Мат. конференция молодых ученых-сейсмологов 1-3 декабря 1976 г. Ташкент, 1978.
19. Н у р м у х а м а д о в К. Ш. О пространственной изменчивости инженерно-сейсмических свойств лессовых пород Чирчик-Ахангаранского бассейна. В сб. "Традиционные и новые вопросы сейсмологии и сейсмостойкого строительства". Тезисы докладов, Ташкент, 1978.
20. О р н а т с к и й Н. В. Опыт теоретического исследования предельного равновесия сыпучих грунтов в целях геологического микросейсмического районирования. Учен. записки Моск. Университета, вып. 177, 1956.
21. П о п о в В. В. / и др. /. Использование электрических и сейсмических свойств лессовых грунтов в целях сейсмического микрорайонирования на заданных территориях. В сб. "XXVII научно-техническая конференция". Тезисы докладов и аннотации, М., МИСИ, 1968.
22. П у ч к о в С. В. Значение рельефа местности при сейсмическом микрорайонировании. Труды ИФЗ АН СССР, 1965, № 3.
23. С о в а т о в А., К а с ы м о в С. М. / и др. /. Теоретический метод сейсмического микрорайонирования. Информационное сообщение № 187. Ташкент, 1978.
24. У д о м о в В. И. / и др. /. Оценка микросейсмических условий территории Атчинского оползня. В сб. "Проблемы лессовых пород в сейсмических регионах". Тезисы докладов Всесоюзного совещания. Ташкент, 1978.
25. Ц и х о х е р В. О. Сейсмика в проблемах планирования. Труды физ-техн. Ин-та. Туркменский филиал АН СССР, Ашхабад, 1949.

И.Я.Богданов, А.И.Исламов

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ЛЕССОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ  
(ВНИИГИМ, ТАШГИИТИ)

В практике инженерно-геологических исследований очень важное значение имеет правильный выбор методов и принципов изучения территории того или иного района, что обеспечивает успешное разрешение научных задач и практических предложений.

Выбранные методы и принципы исследований должны учитывать совокупность природных факторов, имеющих отношение (прямое или косвенное) к изучаемому объекту. В данном случае в пределах лессовых территорий учитываются такие факторы, которые предопределяют формирование, движение и накопление лессовых отложений, изменение их инженерно-геологических свойств под влиянием процессов диагенеза.

Наряду с этим инженерно-геологические исследования лессовых территорий должны обеспечивать выбор оптимальных, технически целесообразных и экономически выгодных инженерных решений при планировании рационального использования территории, геологической среды, ее охраны, при выборе мест расположения сооружений.

В настоящее время в Советском Союзе в качестве основной принята двухстадийная система проектирования.

Во время осваиваемых районах для выявления общих перспектив строительства, а также при проектировании крупных и сложных объектов, имеющих особо важное народнохозяйственное значение, производят работы по технико-экономическому обоснованию намечаемого первоочередного строительства.

слаборасчлененного микрорельефа Прикопетдагской низменности. Рис. 1 демонстрирует динамику влажности и пористости перестроенной пыли и может служить примером золово-делювиальной гипотезы формирования лессовых пород. Однако, как и в первом случае, высыхание перестроенной лессовой пыли в условиях положительных температур привело к образованию тапирообразной алеэритовой породы, непроницаемой даже при давлении 1-2 МПа.

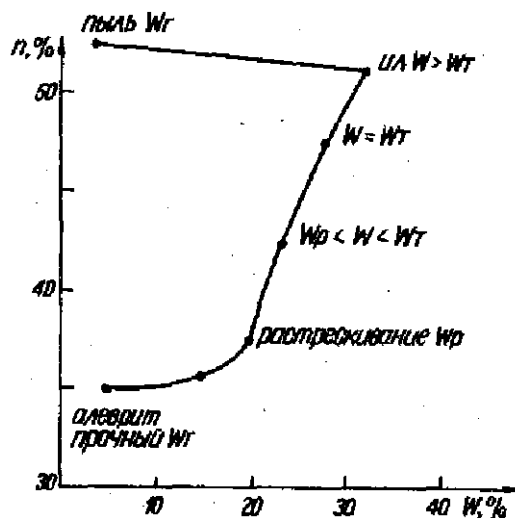


Рис. 1. Динамика влажности и пористости перестроенной лессовой пыли.

3. На третьей опытной площадке эоловая пыль лессового состава была изолирована от влияния дождевых осадков. Замечивание сыпучего осадка произошло в результате интенсивной конденсации парообразной влаги в ночное время 16-22 февраля 1968 г. на рис. 2 показана динамика ув-

лажнения при конденсации паров и дегидратации при высыхании. Вновь сформировалась крепкая, прочная, тапирообразная, непроницаемая порода с типичным лессовым химико-минеральным составом.

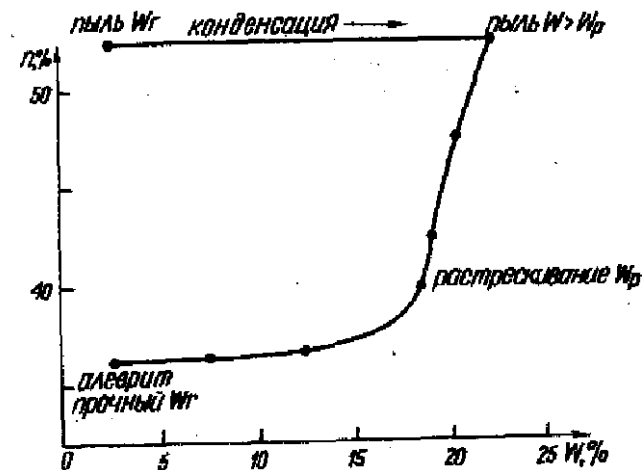


Рис. 2. Динамика влажности и пористости лессовой эоловой пыли, увлажненной в результате конденсации паров воздуха.

Продювиальная гипотеза была предложена А.П. Павловым в 1903 г. при исследовании лессовых пород в предгорьях Копетдага и Туркестанского хребта. Выделяя этот генетический тип лесса, А.П. Павлов писал: "Формирование продювия происходит при оседании частиц в мелких озерцах, временно образующихся на равнинах при заливании их водами селевых потоков и горных рек". В одном из таких регионов, а именно на Прикопетдагской равнине были изучены условия формирования современных продювиальных отложений во время интенсивных селевых явлений 22-23 апреля и 5-7 мая 1976 г. Характерное мелкое озерцо, где велось наблюдение,



А.В.Минервин

ПРИРОДА ПРОСАДОЧНОСТИ И ГЕНЕЗИС ЛЕССОВЫХ ПОРОД  
(Московский государственный университет)

Современная отечественная инженерная геология базируется на главном теоретическом положении, что свойства пород зависят от их генезиса и постгенетических процессов. Просадочность является основным инженерно-геологическим свойством лессовых пород, сформировавшимся в новейший этап геологической и палеогеографической истории Советского Союза.

В вопросе о генезисе просадочности лессовых пород следует строго различать две стадии континентального литогенеза: первую стадию седиментогенеза, т.е. накопление минерального осадка различными генетическими путями в фациальной и климатической обстановке; вторую — превращение осадков в просадочную горную породу в результате сложного комплекса физико-химических, физических, химических, криогенных процессов эригенеза гипергенеза (41), субэриального диагенеза (46) и криолитогенеза (35,36). Именно вторая стадия литогенеза имеет решающее значение в инженерной геологии дисперсных отложений, так как дает ключ к познанию природы просадочности лессовых пород. С нашей точки зрения раздельное изучение этих стадий литогенеза является причиной почти вековой острой дискуссии по генезису лессовых пород в широком круге специалистов.

В современной инженерной геологии познание генезиса просадочных пород должно решаться одним путем — методом актуализма, т.е. моделированием формирования просадочности в природных и лабораторных условиях. Из многообразия гипотез происхождения лессовых пород (особенно на стадии седиментации) в настоящее время при исследованиях и пуб-

ликации сохранилось только шесть: золовая (золово-делювиальная, как модификация золовой), пролювиальная, аллювиальная, делювиальная, почвенная, криозлювиальная.

Ни у кого из специалистов не возникает сомнений, что исходный полиминеральный материал для формирования лессовых пород образовывался различными способами аккумуляции. Цель нашей работы — изложить результаты природного и лабораторного моделирования формирования просадочности применительно к условиям всех шести гипотез происхождения лессовых пород. Моделирование проводилось кафедрой грунтоведения и инженерной геологии Московского университета в течение 15 лет в различных структурно-тектонических регионах Советского Союза с разнообразной тепло-влажностнообеспеченностью (Средняя Азия, Сев. Казахстан, Степной Алтай, Минусинский межгорный прогиб, межгорные альпийские впадины Засайкаля). Результаты моделирования распространялись на геологические и палеогеографические условия формирования просадочности лессовых пород, развитых в настоящее время в талой зоне Советского Союза.

Золовая гипотеза. Процесс формирования современного лесса от момента отложения пыли до превращения ее в просадочную горную породу в жарком засушливом климате Средней Азии изучался дважды: 16 февраля 1968 г. и 23 декабря 1975 г. в Ашхабаде и его окрестностях (10–30 т/га). Процессы природного увлажнения лессовой пыли мощностью 2–3 см в обоих случаях исследовались в различных условиях.

1. Путем прямого замачивания пыли дождевыми осадками на различных участках. Замоченная золовая пыль типичного лессового состава при высыхании превращается в тапирообразную породу, не просадочную при нагрузках в 1,5 МПа. Даже непродолжительное (12 час.) воздействие процессов криолитогенеза в условиях Средней Азии способно превратить прочный, низкопористый, непросадочный алевроит в типичный просадочный лесс (26).

2. Путем переотложения золовой пыли дождевыми водами с микровозвышенностей в подножье склонов в условиях

слаборасчлененного микрорельефа Прикопетдагской низменности. Рис. I демонстрирует динамику влажности и пористости перестроенной пыли и может служить примером эолово-делювиальной гипотезы формирования лессовых пород. Однако, как и в первом случае, высушивание перестроенной лессовой пыли в условиях положительных температур привело к образованию такрообразной алевритовой породы, непроницаемой даже при давлении 1-2 МПа.

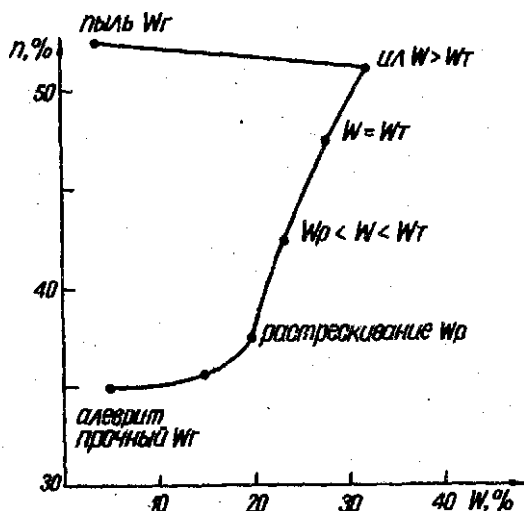


Рис. I. Динамика влажности и пористости перестроенной лессовой пыли.

3. На третьей опытной площадке эоловая пыль лессового состава была изолирована от влияния дождевых осадков. Замачивание сыпучего осадка произошло в результате интенсивной конденсации паровоздушной влаги в ночное время 16-22 февраля 1968 г. на рис. 2 показана динамика ув-

давления при конденсации паров и дегидратации при высыхании. Вновь сформировалась крепкая, прочная, тахирообразная, непросадочная порода с типичным лессовым химико-минеральным составом.

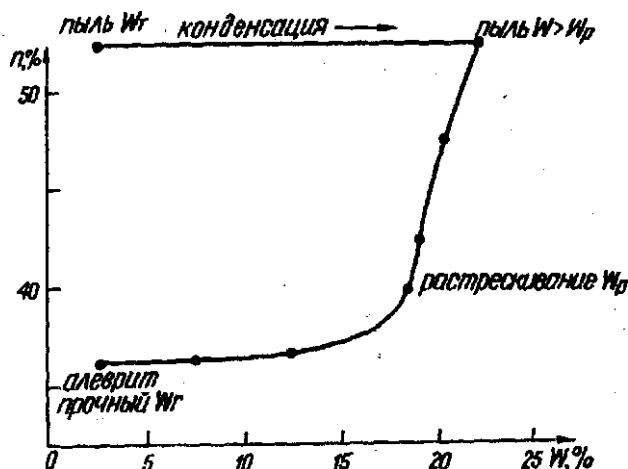


Рис. 2. Динамика влажности и пористости лессовой золовой пыли, увлажненной в результате конденсации паров воздуха.

Пролживальная гипотеза была предложена А.П.Павловым в 1903 г. при исследовании лессовых пород в предгорьях Копетдага и Туркестанского хребта. Выделяя этот генетический тип лесса, А.П.Павлов писал: "Формирование пролжива происходит при оседании частиц в мелких озерах, временно образующихся на равнинах при заливании их водой селевых потоков и горных рек". В одном из таких регионов, а именно на Прикопетдагской равнине были изучены условия формирования современных пролживальных отложений во время интенсивных селевых явлений 22-23 апреля и 5-7 мая 1976 г. Характерное мелкое озеро, где велись наблюдения,

располагалось в 14 км восточнее г. Ашхабада; в это озеро поступали пылеватые осадки из Первомайского ущелья, борта которого сложены лессовыми породами.

Формирование современного пролива характерного лессового состава при высыхании от состояния суспензии до такры в этом озерце иллюстрирует рис. 3. И снова при высыхании сформировалась высокопрочная, низкопористая, непросадочная (при  $P = 1,5-2,0$  МПа), полигонально-трещиноватая порода. При воздействии отрицательных температур на такры с петрографическими особенностями типичного лесса порода не меняет просадочных свойств. Это объясняется воздействием заморозков в зимние месяцы на воздушно-сухую породу, вода в которой не замерзает, так как находится в прочносвязном состоянии.

Примером искусственного формирования проливиальных лессовых пород в условиях южной Туркмении может служить первая очередь намывной плотины Копетдагского водохранилища в зоне строительства Каракумского канала (Геоктепинский р-н). Плотина высотой 10 м намывалась из проливиальных лессовидных супесей голодностепского и ташкентского комплексов. Намыв проводился порциями лессового материала мощностью 10-12 см, который высушивался до пористости 32-38% и влажности 3-5%. С разрешения и при поддержке главного инженера строительства Каракумского канала К. Е. Церетели в плотине были отобраны монолиты на полную мощность. Определение просадочности искусственных проливиальных лессовых пород в условиях природного давления, 0,3 МПа и 0,5 МПа дало отрицательные результаты.

Из приведенных примеров возникает парадоксальное инженерно-геологическое положение. В современном жарком, засушливом климате Средней Азии, где распространены наиболее просадочные лессовые породы, просадочные орошения и осадков эолового и проливиального способов аккумуляции не формируются и не проявляются даже при весьма высоких давлениях.

Для разрешения этого парадокса в лабораториях кафедры грунтоведения и инженерной геологии Московского универси-

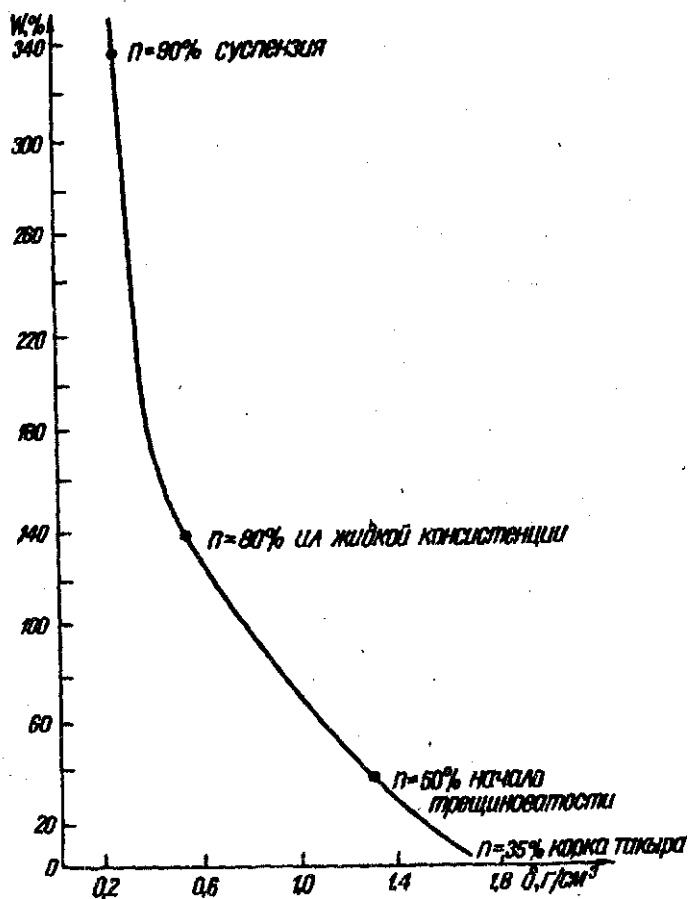


Рис. 3. Динамика влажности и пористости современных проливных (селевых) отложений.

тата проведено моделирование формирования просадочных свойств в образцах такыробразных алевроитов. Образцы помещались в винипластовые кольца, капельно и капиллярно увлажнялись до предела текучести и подвергались одностороннему (сверху вниз) промерзанию при температуре  $-5^{\circ}\text{C}$  в течение 12 час. в условиях закрытой системы. После промерзания образцы оттаивали и высушивали также односторонне при температурах  $+18^{\circ}\text{C}$  до влажности просадочных среднеазиятских лессовых пород. Уже после одного цикла промерзания - оттаивания - высушивания порода приобретала просадочность в 2%. Увеличение числа циклов до 10-20 довело степень просадочности образцов до 5-7% (10,26).

Природное моделирование формирования просадочности лессовых пород при проливном способе аккумуляции материала проводилось в отличной от Среднеазиятской природной обстановке с глубоким сезонным промерзанием поверхностных пород (из Западной Сибири, Сев.Казахстан, степной Алтай, Минусинские межгорные впадины). Моделирование проводилось на уровне элементарного слоя мощностью 1 м и в массиве пород значительной мощности.

В первом случае или из естественных лессовых пород в осенние месяцы осаждались в котлованы объемом 1-2 м<sup>3</sup>; в начале зимы или промерзали и распухали до пористости 50-52% (при плотности около 30%). В условиях интенсивного Сибирского антициклона в течение зимы произошла сублимация льда из разуплотненных пылеватых илов. В апреле-мае или приобрели типичные особенности естественных лессовых пород с отчетливыми просадочными свойствами.

Во втором случае моделировался сингенетичный криогенез: или в течение зимних месяцев порциями осаждались при постоянном промерзании. К концу зимы была получена высокопористая мерзлая лессовая толща (объемная плотность около 30%). В течение весны, лета и осени произошла геологически быстрая деградация мерзлоты в мерзлых искусственных лессах и сильное иссушение толщи до величин естественной влажности. Высокая пористость при этом сохранилась. При замачивании котлованов искусственные лессы дали просад-

ку в 2-3%.

Формирование просадочности в массиве искусственных промывальных отложений изучалось в Назаровском бурогольном карьере Красноярского края, где вскрытые породы представлены лессами. Разрабатываются лессом в разрезе гидромонитором, лессовая пудра обрабатывается в отработанные участки карьера, где в зимние месяцы ежегодно промерзает. Таким образом, за 25 лет сформировались искусственные промывальные лессовые породы мощностью около 10 м, обладающие просадочностью в условиях природного давления и 0,3 МПа.

Аллювиальная гипотеза. Формирование просадочных свойств также моделировалось в природных условиях Средней Азии и Южной Сибири. Принцип моделирования осуществлялся искусственным переходом высокой поймы в отапливаемую надпойменную террасу. Такой переход осуществлялся осушением пойменного пылеватого аллювия лессового состава путем глубокого понижения грунтовых вод при длительных групповых откачках.

Первый опыт проводился на высокой пойме р. Амударья в районе пос. Сант Чарджоуской области силами Южно-Каракумской гидрогеологической экспедиции в течение 5 месячных откачек при понижении уровня вод на 8 м. После осушения и высыхания в течение жаркого лета аллювиальные пойменные отложения уплотнились при усадке; в них отсутствовала просадочность и при  $P$  нр., и при  $P = 0,5$  МПа.

Второй опыт также проводился на высокой пойме р. Оби в Новосибирской области силами 2-го Гидрогеологического управления в течение 9-месячных групповых откачек с понижением уровня грунтовых вод на 6 м из пойменных лессовидных суглинков открытодонной фации аллювия. Осушение аллювия, глубокое сезонное промерзание, оттаивание и осушение после жарких летних месяцев превратило водонасыщенный пойменный аллювий в типичный просадочный лесс.

В соответствии с гипотезой Л.С. Берга "лесс и лессовидные породы могут образовываться из всяких пород на месте в результате процессов почвообразования, протекающих в



условиях сухого климата". Инженерная геология располагает многочисленными данными о том, что лавиальные горизонты широкого генетического ряда современных и погребенных почв не обладают просадочными свойствами даже под высокими нагрузками. Более того, маломощные (20-50 см) слои лессовых пород, залегающих непосредственно под горизонтом "Б" почв, теряют просадочность, деградируют и становятся набухающими в результате почвообразовательных процессов. Из приведенных примеров ясно, что почвенные процессы не формируют просадочные свойства лессовых пород, а деградируют их, делают набухающими грунтами.

И.С.Берг и многочисленные сторонники почвенной гипотезы отводят значительную роль в формировании лесса макропорам и ветвящимся канальцам-ходам отмершей корневой системы растений. Не менее многочисленные исследователи считают эти макропоры причиной просадочных свойств лессовых пород. Для проверки этого предположения автором в поле был поставлен следующий эксперимент. В котлованы осаждался ил из размоченных лессов и высушивался до пористости 35-36%. На поверхность ила высевалась степная и полупустынная растительность, которая густым покровом произрастала на нем в течение 2 лет. Через 2 года растительность уничтожалась; площадка выдерживалась без растений еще 2 года. После вскрытия котлованов искусственный лесс оказался пронизанным макропорами от отмерших корней в количестве 15-20 шт. на  $1 \text{ см}^2$ , но общая пористость не увеличилась, порода осталась непросадочной.

Объяснение этого явления находим в трудах физиологов растений, по чьим данным корни степных и полупустынных растений при проникновении в породы развивают давление до 4,5 МПа и не разуплотняют породу в целом, а уплотняют лишь стенки корневых ходов. В результате биохимической деятельности корни инкрустируют стенки ходов карбонатными солями и частично увеличивают структурную прочность лессов. Многочисленные инженерно-геологические исследования свидетельствуют о том, что фитогенные макропоры при про-

оадке не закрываются. Если стенки макропоры не инкрустированы солями, то такие макропоры обуславливают просадочность лессовых пород и закрываются после просадки.

В последних трудах Л.С.Берга и его последователей гипотеза стала называться почвенно-эвклиальной, но ни в одной публикации, посвященной этой гипотезе, не указывается генетическая сущность эвклиального лессообразовательного процесса. Известно, что коры выветривания бывают самыми разнообразными. Установлено также, что коры выветривания широкого ряда от материтных до каолиновых не обладают просадочными свойствами. В результате многолетних экспедиционных работ кафедры инженерной геологии Московского университета установлено, что просадочность формируется в зонах с кристаллическим типом выветривания (Сев.Казахстан, юг Западной Сибири, Степной Алтай, Минусинский межгорный прогиб, юго-запад Сибирской платформы).

Современные научные достижения отечественной палеогеографии, четвертичной геологии, палеопедологии, криолитологии, мерзлотоведения и грунтоведения дают возможность установить два принципиально важных положения, позволяющих объективно объяснить природу и генезис просадочных свойств лессовых пород.

1. В плейстоценовой истории Советского Союза эпохи лессообразования связаны с перигляциальными зонами оледенений и общепланетарными похолоданиями климата.

2. В своей геологической жизни лессовые породы неоднократно находились в многолетнем и сезонномерзлом состоянии, т.е. прошли в процессе формирования стадию криолитогенеза.

Из анализа литературы и 20-летних полевых исследований автора в талой зоне юга Советского Союза известно около 150 разрезов, в которых деформации лессовых пород и поребренных почв верхнего плейстоцена имеют несомненную криогенную природу. 60% разрезов имеют радиоуглеродные датировки, 30% - термолуминесцентные; все без исключения опорные разрезы имеют точную геоморфологическую и геологическую привязку к последним 10-30 тысяч лет. Это исследо-

заны для юга Восточно-Европейской платформы (8,11,18,30, 32,34,37,39,40), долин рек Дона, Кубани, Терека (19), Северного Кавказа (12), Прикаспийской впадины (1,29,6,7, 38,27), в долинах Уэбоя и Амударьи (44), юга Западной Сибири, Степного Алтая, Минусинского межгорного прогиба, юго-запада Восточной Сибири (3,24,48), Северного и Центрального Казахстана (44,16,47,25,20,14,5,2), межгорных альпийских впадин и краевых прогибов Средней Азии и Южного Казахстана (42,45,13,17,43,19), северо-запада пустыни Такла-Макан и северных склонов хр. Гиндукуш (44).

Приведенных примеров из плейстоценовой истории талой зоны Советского Союза достаточно, чтобы утверждать, что лессовые породы оформлялись в холодные оуровне эпохи, а их просадочные свойства образовались в результате процессов сезонного и многолетнего криоконтогенеза. В великий криогенный максимум конца верхнего плейстоцена граница многолетней и глубокой сезонной мерзлоты проходила не по 45° с.ш. (9), а практически сплошь покрывала территорию Советского Союза до ее южных границ.

Примером современных многолетнемерзлых лессовых пород могут служить отложения Саяно-Алтайской межгорной впадины Забайкалья. Следует отметить, что мерзлые олаболдистые лессовые породы не обладают тепловой просадочностью в условиях природного давления, для таких же лессовых толщ характерна ярковыраженная просадочность под природными нагрузками аналогично типичным лессам Средней Азии, Сев. Кавказа, юга Восточно-Европейской платформы.

Гипотеза (15) о формировании просадочности лессовых пород путем недоуплотнения в сухом жарком климате диктует три обязательных условия в своей геологической истории существования: 1) замачивание осадка, 2) высушивание осадка, 3) непромачивание сухих лессовых пород. Природное и лабораторное моделирование не удовлетворяет первым двум условиям — образуется такыр, непросадочный даже при  $P = 2 \text{ МПа}$ .

Анализ палеогеографии лессовых регионов Советского Союза свидетельствует о том, что и третье условие принципа

Н.Я.Денисова не во все эпохи плейстоцена соблюдалось; лессовые породы промачивались, теряли просадочные свойства и вновь их восстанавливали в условиях криолитогенеза. Приведем несколько характерных примеров.

1. Из рис. 4 следует, что лессовые породы ательского горизонта в течение 10 тыс. лет (38) находились под водами нижнехвалдинского морского бассейна Каопия глубиной до 30 м и имеют в настоящее время ярко выраженные просадочные свойства.

2. Высокопросадочные лессы под валуно-галечными промытыми толщами мощностью 26 м в условиях Чуйской межгорной впадины Тянь-Шаня по условиям формирования бесспорно свидетельствуют о промачивании лессовых пород, деградации и восстановлении их просадочных свойств при природных нагрузках.

3. Работы по петрографии лесса В.П.Ананьева, М.П.Иваненко, Г.А.Мавлянова, Н.И.Кригера, Л.Г.Балаева и др. констатируют, что типоморфные минералы, особенно сульфаты, галогены и карбонаты являются вторичными образованиями и оформились при замачивании лесса грунтовыми водами в результате интенсивных гидрохимических процессов.

4. Мысленно представим себе схему соотношения террас рек Сырдарьи и Чирчика в Приамлютском районе. Здесь русло и пойма дренируют грунтовые воды в лессовых породах голодностепских и ташкентских террас, определяют зоны аэрации и мощности просадочных зон, которые уменьшаются от высоких террас к низким. В свое время голодностепская терраса была поймой реки, ее лессовый покров не обладал просадочностью. Ташкентская терраса в голодностепское время была I-й надпойменной, зоны аэрации и просадочности в лессах были вдвое меньше. Современная просадочность лессов на обеих террасах является эпигенетическим свойством.

5. Общеизвестно, что человек при своей инженерно-хозяйственной деятельности деградирует просадочные свойства лессовых пород. Естественно возникает вопрос, может ли человечество формировать просадочность вновь? Ответ



на этот вопрос находим, например, в таежной зоне Западной Сибири, где лессовые толщи непросадочны, пластичны из-за высокой влагообеспеченности. Эти факты свидетельствуют о том, что за 80 лет после сведения таежной растительности и существования полей Кривошеинского совхоза в зоне сезонного промерзания лессовых пород уменьшилась влажность, увеличилась пористость, сформировалась просадочность при природной и дополнительных нагрузках (давний берег р.Оби, с.Кривошеино, Приобское плато).

6. Палеопедологические и палеоботанические исследования также дают основание считать, что лессовые толщи в отдельные отрезки плейстоцена увлажнялись и теряли просадочные свойства. Так, в микулинское межледниковье в Европейской части Советского Союза господствовали почвы лесного ряда; в таких почвенно-климатических условиях лессовые породы не обладают просадочностью при достаточной влагообеспеченности.

Лессовые породы Средней Азии тоже, по-видимому, были увлажнены и не имели просадочных свойств, что подтверждается двумя фактами.

1. Спорово-пыльцевые спектры ташкентских, илякских и голодноостепских лессов на 80-90% состоят из древесных пород таежного типа, совершенно отсутствующих в современных ландшафтах Средней Азии (22).

2. Погребенные почвы в просадочных лессах среднего и верхнего плейстоцена имеют отчетливые признаки луговости, интенсивного выщелачивания и гидроморфизма (23). Под почвами такого генетического ряда в современной природной обстановке лессовые породы достаточно увлажнены и просадочностью не обладают.

Изложенный материал дает основание утверждать, что просадочность лессовых пород сформировалась в результате воздействия комплекса постседиментационных процессов в оуловой перегляциальной климатической обстановке плейстоцена при решающей роли процессов криолитогенеза; просадочность формируется и в голоцене после климатического оптимума в результате криоэпизимального воздействия на различные породы.

На рис. 5 приведен не гипотетический, а реальный график формирования просадочности лессовых пород Средней Азии, построенный по материалам глубоких шурфов и скважин узбекских орошателей. Сплошной линией (AB) показано изменение естественной пористости до глубин 70-80 м. Точка (AB) изображена пористость пород после просадки под природной нагрузкой и характеризует уплотнение пород в соответствии с природным давлением. Из графика видно, что просадочность обычно возникает на глубине 30 м под давлением 0,45 МПа, реже - на 40 м при нагрузке 0,65 МПа при пористости около 38-40%.

На первый взгляд график отвечает принципу неуплотненности Н.Н. Денкова. Однако проведенное природное и лабораторное моделирование позволило внести в этот принцип существенные теоретические изменения.

Первые же порции осадков любого способа аккумуляции при выносе в жарком, засушливом климате при отсутствии природного давления уплотняются при усадке до пористости 32-35% (линия AT). Напомним, что в таком состоянии породы непроизводны даже при нагрузках 1,5-2,0 МПа. При такой низкой пористости в соответствии с принципом Н.Н. Денкова породы могут теоретически проявлять просадочность на глубинах свыше 100 м (линия TU), что противоречит реальным природным фактам. Именно значительно усадку при выносе пылеватых осадков Н.Н. Денков не учел при создании своей гипотезы.

При кратковременном воздействии на пылеватый вынос оо- док формуруется пористость порядка 50% (точка A), что отвечает плотности природных лессов. Прочные мелкопористые породы при увлажнении и промерзании также могут проводить высокую пористость и просадочные свойства (линия TA).

Таким образом, разуплотненное, высокопористое, просадочное состояние пород может формироваться двумя путями.

1. При орошательском промерзании и выносивании путем обдувания дымом или испарения влаги при быстром

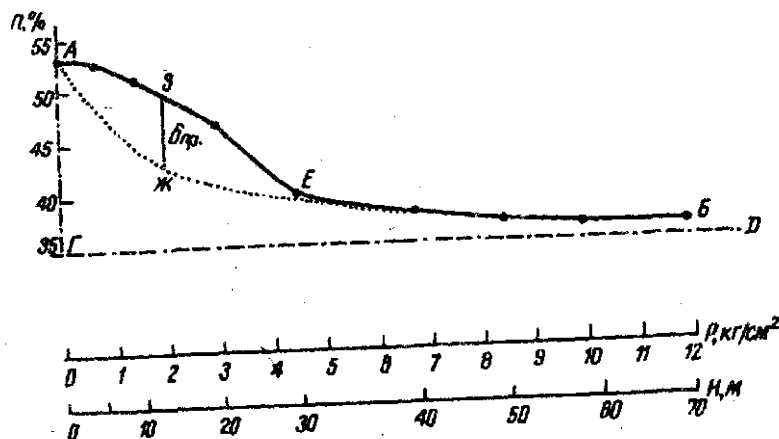


Рис. 5. Принцип формирования просадочных свойств лессовых пород в условиях природного давления.

деградации сезонной и многолетней мерзлоты (сплошная линия АБ).

2. Отложения в своей истории могут накапливаться и в увлажненном состоянии, когда пористость будет соответствовать давлению вытекающих пород. На каком-то временном отрезке такой аккумуляции (АБ) породы при криогенном воздействии разуплотняются (ВЗ), приобретают высокую пористость и просадочные свойства. Возникает эпигенетическая просадочность.

В соответствии с природными условиями такой принцип формирования просадочности можно назвать "принципом криогенного разуплотнения" или принципом "недоуплотнения через криогенное разуплотнение".

В заключение следует особо подчеркнуть, что термин "генезис" до последнего времени отражал способ накопления первоначального осадка. Так как криогенные процессы в плейстоценовой истории формирования просадочности лессовых пород являются решающими, то термин "генезис" в инженерной геологии лессовых пород требует дополнительного содержания. Например, в криолитологии и мерзлотоведении давно принят термин "криоздвигательные образования". Широко используется в литературе термин "криосдвигательные отложения", так как такие породы содержат новый минерал — лед и имеют отрицательную температуру.

Очевидно, в инженерной геологии лессовых пород настало время принять такие термины, как "криопродвиной", "криоделовой", "криозоловые отложения" и т.п. Такие генетические термины дадут возможность понять геологические и палеогеографические условия формирования и существования просадочных лессовых пород на территории Советского Союза.



## Л и т е р а т у р а

1. А р х и п о в С.А. К литолого-фациальной характеристике хвалынских шоколадных глин и условиях их образования. Бюлл.комиссии по изуч.четв.периода, № 22. М., 1958.
2. А у б е к е р о в Б.Ж., Ч а д ы х ь я н Э.В. Кайнозой зоны канала Иртыш-Караганда. Алма-ата, 1974.
3. Б а у л и н В.В. Геолого-тектонические и палеогеографические закономерности формирования многолетнемерзлых пород молодых платформ (на примере Западной Сибири). Автореф.докт.дисс., 1979.
4. В е р г Л.С. Климат и жизнь. М., 1947.
5. Б о р о д у л и н а Д.В. Просадочность лессовых пород Северного Казахстана. Автореф.канд.дисс., 1979.
6. В а с и л ь е в Ю.М. Антропоген Южного Заволжья. Тр. ГИНА, вып.49, М., 1961.
7. В а с и л ь е в Ю.М. О следах проявления мерзлотных процессов в четвертичных отложениях Северного Прикаспия. Изв. АН СССР, сер.геол., 1958, № 12.
8. В е л и ч к о А.А., М о р о з о в а Т.Д. Почвенный покров верхнеплейстоценового (Брянского) интерстадиала. В кн.: "Палеогеография Европы в позднем плейстоцене", М., 1973.
9. В е л и ч к о А.А. Природный процесс в плейстоцене. М., 1973.
10. В о р с н и н Л.М., М и н е р в и н А.В. Формирование просадочных свойств лессовых пород юга Западной Сибири в результате промерзания - оттаивания и высушивания. Вестн. МГУ, сер.геолог., 1973, № 2.
- II. Г о р е л о в С.К. О оледах перигляциальных образований на юго-востоке Русской равнины. В сб. "Вопросы криологии при изучении четв.отложений". М., 1962.

12. Г а л а й Б.Ф., К у к о в Ю.П. Криогенные формы в лесах Ставрополя. В сб. "Проблемы лесовых пород в сейсмических районах" (Тезисы докладов Всесоюзного совещания, Самарканд, 24-26 сентября 1980 г.), Ташкент, 1980.
13. Г о р б у н о в А.П. Итоги и перспективы геокриологических исследований в Казахстане. Вопросы географии Казахстана, вып.18. География в Казахстане. Алма-Ата, 1980.
14. Г о р б у н о в а И.А. Палеокриогенные микроклиматические структуры Павлодарской области и их роль в почвообразовании. В сб. Криогенные явления Казахстана и Средней Азии. Якутск, 1979.
15. Д е н и с о в Н.Я. Природа прочности и деформации грунтов (избранные труды). М., 1972.
16. Д о б р о в о л ь с к и й В.В. О природе так называемых "мерзлотных клиньев" Казахского мелкосопочника (автореферат доклада). Бюлл.МОНП, сер.геологич. т.36, 1961, № 3.
17. И с м а и л а х у н о в К.Х. К вопросу формирования лесовых пород Киргизии. Тр.международного симпозиума по литологии и генезису лесовых пород. т.1, Ташкент, 1970.
18. К и р е е в А.А. О криогенной природе кинорусского леса. В кн. "Научная конференция Харьковского о/х института" (тезисы докладов), Харьков, 1961.
19. К о ж е в н и к о в А.В. Антропоген гор и предгорий для СССР (генетический анализ, стратиграфия, палеогеография и неотектонические аспекты. Автореф.докт. дисс., 1979.
20. К р и г е р Н.И., К о п ы л о в а В.П. О плейстоценовых "морозных" и "аридных" клиньях в Прибалтике. Бюлл.комиссо.по изуч.четв.периода АН СССР, 1964, № 29.
21. К р и г е р Н.И. (и др.). Эволюция и современные изменения свойств леса в "мертвом" горизонте. В сб. "Инженерные изыскания в строительстве", вып.2(30), М., 1974.

22. Д а з а р е н к о А.А., Б о л и х о в с к а я Н.С.,  
С е м е н о в В.В. Опыт дробного стратиграфичес-  
кого расчленения лессовой формации Приташкентского  
района. Изв. АН СССР, сер.геол., 1980, № 5.
23. Д а з а р е н к о А.А. Погребенные почвы лессовой  
формации Средней Азии и их палеогеографическое  
значение. ДАН СССР, т.252, 1980, № 1.
24. Д и т в и н о в А.Я. К вопросу о происхождении и  
закономерностях распространения подземных пустот  
в лессовидных суглинках р-на г.Красноярска. В кн.  
"Основания, фундаменты и механика грунтов". М., 1963.
25. М а л и н о в о к и й В.Д. Вечная мерзлота в Цент-  
ральном Казахстане. "Природа", 1961, № 8.
26. М и н е р в и н А.В. Формирование просадочных  
овостей лессов из эоловой пыли в современных усло-  
виях Средней Азии. "Инженерная геология", 1979,  
№ 3.
27. М и н е р в и н А.В., С и н я к о в В.Н., К о -  
м и о с а р о в а Н.Н. Формирование просадочных  
овостей ательских лессовых пород Прикаспийской  
впадины в условиях морской хвалынской трансгрессии.  
В сб. "Проблемы лессовых пород в сейсмических  
районах (Тезисы докладов Всесоюзного совещания,  
Самарканд, 24-26 сентября, 1980). Ташкент, 1980.
28. М и н е р в и н А.В., К о м и о с а р о в а Н.Н.  
Формирование структуры и текстуры просадочных лесс-  
овых пород Минусинского межгорного прогиба. "Инже-  
нерная геология", 1979, № 1.
29. М о о к в и т к и А.И. Плейстоцен Нижнего Поволжья.  
Тр.ГИНА, вып.64, М., 1962.
30. Н о в о с е л ь с к а я И.Б. Следы существования  
многолетнемерзлых горных пород в пределах Европей-  
ской части СССР вне области их современного распро-  
странения. Тр. Ин-та мерзлотоведения. М., 1961, т.ХУШ.
31. П а в л о в А.П. О туркестанском и европейском лессе.  
В кн. "А.А.Павлов. Статьи по геоморфологии и  
прикладной геологии". Изд. МОИП, 1951.

32. П о п о в А.И. Перигляциальные образования Северной Евразии и их генетические типы. В сб. "Перигляциальные явления на территории СССР", М., 1960.
33. П о п о в А.И., К о с т я е в А.Г. Карты перигляциальных образований Азии, современных и среднеплейстоценовых. В кн. "Вопросы географического мерзлотоведения и перигляциальной морфологии, М., 1962.
34. П о п о в А.И. О криогенном факторе в формировании лессовых пород. В кн. "Современные экзогенные процессы", ч.2, Киев, 1968.
35. П о п о в А.И. Криолитогенез, состав и строение мерзлых пород и подземные льды (современное состояние проблемы). Проблемы криолитологии, вып.У, М., 1976.
36. П о п о в А.И. Криолитогенез и его место в системе литогенеза. Проблемы криолитологии, вып.УШ, М., 1979.
37. Р е м и з о в Я.И. Перигляциальная аллювиально-эоловая формация плейстоцена платформенной части Украины. В сб. "Мат.по изуч.четв.периода Украины (к IX Конгрессу *JNQ* ИА, Новая Зеландия, 1973), Киев, 1974.
38. С в и т о ч А.А. Палеогеография плейстоцена Северной Евразии; региональный анализ, корреляция, синтез (по материалам опорных разрезов). Автореф.докт. дисс., МГУ, 1979.
39. С и р е н к о Н. А., М о л о д ы х И.И. Криогенные образования в субаральном покрове Украины. Сб. "Научно-методические вопросы инженерно-геологического и гидрогеологического изучения подов и западного микрорельефа Украины". Киев, Ин-т геологических наук, 1980.
40. С о к о л о в с к и й И.Л. Об ископаемых следах "вечно мерзлоты в четвертичных отложениях западной части УССР. Доповіді АН УРСР, № 4, 1955.

41. Страхова Н.М. Основы теории литогенеза. т. I, М., 1960.
42. Турбин Л.И., Александрова Н.В. О формировании лессовых пород Тянь-Маня. Тр. международного симпозиума по литологии и генезису лессовых пород. т. I, Ташкент, 1979.
43. Усупаев Ш.Э. Условия формирования просадочности лессовых пород в неоген-четвертичной истории Чуйской межгорной впадины. В сб. "Проблемы лессовых пород в сейсмоактивных районах (тезисы докладов Всесоюзного совещания, Самарканд, 24-26 сентября 1980 г.), Ташкент, 1980.
44. Федорович Б.А. Мерзлотные образования в степях и пустынях Евразии. Тр. комиссии по изуч. четв. периода, вып. XIX. Вопросы стратиграфии и палеогеографии четв. периода (антропогена), М., 1962.
45. Фетиев С.М. Гидрогеотермические особенности криогенной области СССР. М., 1978.
46. Шанцер Е.В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. Тр. ГИН, вып. 161, М., 1966.
47. Шанцер Е.В., Микудина Т.М., Малиновский В.Ю. Кайнозой центральной части Казахского щита. М., 1967.
48. Шевелева Н.С. Древние мерзлотные явления в аллювии среднечетвертичного возраста в районе Красноярска. В сб. "Проблемы палеогеографии и морфогенеза в полярных странах и высокогорье". М., 1964.

строительной, хозяйственной и рекреационной деятельности человека.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бондарик Г. К. "Основы теории изменений горно-геологических свойств горных пород".
2. Бондарик Г. К., Горькачук М. И., Реткин В. Г. "Закономерности пространственной изменчивости лессовых пород". М., 1977.
3. Ильямов А. И. "Инженерно-геологическая оценка территории Узбекистана". Ташкент.

Р.А.Иязов, А.М.Худайбергенов, М.Ш.Шерматов  
ПРИРОДНЫЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ  
В ЛЕССОВЫХ ПОРОДАХ  
(Институт сейсмологии АН УзССР, Научно-производственное объединение "Узбекгидрогеология")

Длительное господство аридного климата, крупная геоморфоструктурная перестройка в неоген-четвертичное время, интенсивное воздействие сейсмических колебаний и хозяйственной деятельности человека - все это определяло особенности формирования в горно-складчатых областях Средней Азии экзогенных процессов. Оползая, эрозия, осыпи, суффозия, просадочность широко развиты как в горных, предгорных, так и на равнинных территориях.

К настоящему времени в изучении данных процессов достигнуты определенные результаты. Основная часть работ в этой области посвящена исследованию просадочных явлений, оползневых, эрозийных процессов как наиболее распространенных и опасных условий строительства. Результаты этих исследований заключаются в выявлении региональных геологических закономерностей распространения процессов, разработки качественных и количественных критериев изменения свойств лессовых пород, изучению образования и механизма их развития. Разработаны некоторые теоретические и методические основы изучения с определением мер защиты территорий и пространственного прогноза экзогенных процессов. Однако ряд актуальных вопросов, в частности, влияния сейсмических колебаний на природу развития экзогенных процессов, скорости изменения свойств пород и другие проблемы, отражающие интенсивность развития процессов, остаются открытыми.

На наш взгляд, в данных процессах необходимо изучать следующие аспекты:

- 1) закономерности формирования природных процессов в лессовых породах;

2) инженерно-геологические процессы, вызванные личными видами строительства;

3) влияние экзогенных процессов, в том числе чешных колебаний на характер развития экзогенных

Закономерности формирования природных процессов  
обих пород. Развитие экзогенных процессов в лесных породах как структурно-неустойчивых, характеризующихся процессом: резкой потерей прочности при сжатии, сочетанием вертикального сжатия и горизонтального растяжения пород вдоль склона, взаимообусловленностью высокой скоростью смещения и широким распространением горноскладчатых областей они характеризуются кативностью проявления, поэтому основной проблемой является разработка геологических и физико-математических оснравственно-временного прогноза развития экзогенных процессов.

Особенность развития процессов в лесовых породах их взаимообусловленность, т.е. просадочные явления дают в оползневой процесс, оползень вызывает развитие гв., селей и, наоборот, селевой поток сменяет оползневой процесс.

Наиболее широко в лесовых породах развит оползневой процесс, который как бы концентрирует в себе просадочный и эрозивный процессы, одновременно являясь очагом сврагообразования, селевых потоков. Эти оползни развиваются очень быстро, когда невозможно построить защитные сооружения, поэтому основная проблема сводится не столько к тому, сколько и прогнозированию возможных последствий, сколько к этому строительству защитных мероприятий над многими населенными пунктами, автодорогами и другими объектами в св случае случаев экономически не целесообразно, так как требуется время место под застройку выбирается вынужденно. Большинство случаев имеют значительные возможности маневре. Следовательно, основная задача инженерно-геологического обоснования застройки горных территорий - ранне-временной прогноз будущих новых оползневых процессов, отражающих интересы охраны и рационального использования геологической среды.

Пространственное размещение экзогенных процессов (оползней, эрозий, оуфов и др.) тесно связано с определенным сочетанием литолого-тактонических, геоморфологических, гидрогеологических условий склона, благоприятных для движения подземных вод и обводнения горных пород. Наличие разрывных нарушений в сочетании со складчатостью структурными создали сложную гидрогеологическую картину с высокогорными областями питания, движения и разгрузки подземных вод по разломам и подземным ложбинам стока, нередко под четвертичным покровом лесовых пород. В местах нарушения в процессе выветривания формируются эрозивные ложбины с последующей аккумуляцией лесовых отложений, по которым движутся подземные воды. Поэтому между участком расположения подземных ложбин стока с наибольшей толщиной лесовых пород, зоной передвижения подземных вод о пространственным расположением, тесно в масштабе ЭПН существует тесная связь. Исследования, проведенные в ГИПРОИНТЕО, позволяют выявить несколько схем обводнения горных склонов, являющихся основой прогноза места, типа и масштаба оползневых процессов.

Наиболее катастрофическими являются оползни-потоки, отличающиеся очень незначительным периодом развития, высокой скоростью смещения (1,5 - 2,5 км/час) и широким распространением.

Другой характер смещения имеют оползни скользящего типа, где смещение происходит по двум, трем поверхностям скопления без разрыва сплошности между скользящими и неподвижными частями склона. Они движутся нестационарно, сочетая вертикальные деформации и горизонтальные смещения. Крупные оползни скользящего типа мощностью 80-95 м, объемом 300-500 млн. м<sup>3</sup> смещаются по зоне контакта с пористыми глинистыми отложениями. Увлажняются породы по водонасыщенным прослоям конгломерата (рис.1). Образовавшиеся высокие стенки способствуют выходу на поверхность родников, что благоприятствует интенсивному развитию оползневых масс и развитию сврагообразования. В других условиях (Таджикская депрессия) процесс сврагообразования происходит в нижних частях склона, в верхней части нередко

вызывает развитие крупных (4-5 млн. м<sup>3</sup>) оползневых масс в мощных (40-60 м) проломинальных, даламинальных породах.

Овраги широко распространены в лессовых породах только в Узбекистане по данным СОЛЕВНИКОВЫХ они занимают млн. га. Большая потеря плодородных земель в предгорных равнинных областях происходит от овражной эрозии, занимает площади в несколько сот тысяч гектаров. Лессовые породы быстро размываются при увлажнении, интенсивно размываются под влиянием поверхностных вод, делало их максимальное развитие в зоне выпадения осадков на абс. отм. 800-1500 м. Здесь густота оврагов составляет 1,5-2,0 км/км<sup>2</sup>. Интенсивность роста оврагов за сутки в длину достигает 50 м, в глубину 5,0 м.

Овражная эрозия интенсивно проявляется в зонах на равнинных территориях в связи с ирригационным орошением. В орошаемых зонах Узбекистана оврагообразованием ежегодно около 10 тыс. га.

На орошаемых равнинных территориях Узбекистана нерегулируемым сбросом поливных вод часто возникают овраги, скорость роста которых может достигать за сутки длину 20-50 м, в глубину 3-5 м (Хорезмская область).

Таким образом, оврагообразование наряду с другими эрозийными процессами значительно затрудняет освоение земель и требует специальных инженерно-геологических исследований.

Помимо связи оползней с оврагообразованием есть случаи перехода оползня-потока в селевой процесс. В случаях, когда оползневая масса перекрывает русло реки, образуются подпруды и образуются озера, которые в дальнейшем размывают оползневую массу и совместно с водным потоком составляют селевой поток. В другом случае оползневая масса, сходясь, ударяется в противоположный борт, сдвигая породу и при дополнительном увлажнении переходит в вязко-пластичное состояние, что позволяет

в виде удлиненного потока продвигаться на значительное расстояние (Мазаров - 3,1 км, Каранкуз - 3,5 км; Ная - 3,1 км; Р.А., 1974). В лессовых породах часто происходят суффозионные процессы, распространенные в районах орошаемого земледелия в пределах межгорных и предгорных впадин, по долинам рек и берегам ирригационных водохранилищ (сооружений).

Глубокие эрозийные впадины создают благоприятные геоморфологические условия для проявления суффозионных процессов. В свою очередь, суффозионные процессы значительно влияют на эрозийные процессы, так как эрозийная форма не имеет большой протяженности и поверхность воды, протекающей по ним, перехватывается суффозионными воронками. С суффозией в некоторых случаях часто связаны оползневые явления. Обычно проявления суффозионных процессов в лессовых породах не формируют крупных форм; под действием других денудационных процессов (эрозийных, гравитационных и др.) они быстро разрушаются и уничтожаются.

Широко развиты западные блюдцеобразные разнообразного очертания и размера воронки (диаметром до 16 м и глубиной до 8 м), колоды и шахты глубиной 10 м и более при диаметре 1,0-1,5 м). Суффозионные воронки часто имеют конусообразную форму и днища многих из них на глубине переходят в узкие трещины.

Все перечисленные экзогенные процессы имеют относительно небольшой масштаб развития, отличаются внезапностью образования и катастрофичностью проявления.

Просадочный процесс представляет собой быстро и неравномерно протекающее самоуплотнение грунта при повышенной влажности.

Просадка в естественных условиях распространена не широко, в основном она развита в Коксаральской, Дальверзинской, Карминской степях. Просадочные деформации здесь происходят до орошения, преимущественно в результате накопления и инфильтрации атмосферных осадков на отдельных участках равнины. Представлены они просадочными "блюдцами",



где амплитуда вертикальной деформации колеблется от 0,8 м, а разовое опускание измеряется единицами метров, редко превышая 10 см. Они имеют самую разнообразную форму и различные размеры, форма их круглая, эллиптическая, диаметр 5-10 м, в редких случаях достигает 500 м. Малые размеры и ограниченное распространение дочерних пород объясняется тем, что поверхностными водами замачиваются равнинные части в замкнутых понижениях, отсутствует сток для атмосферных осадков. На больших площадях процесс просадочности отмечается при региональном подъеме уровня подземных вод, где деформации пород в ступи резко не выражаются. Так, в северо-западной части Голодной степи за период освоения до 1965 г. величина осадки достигала 0,60 м.

Наиболее широко процесс просадочности развивается при строительстве различных ирригационных каналов, оросительных и промышленно-гражданских сооружений, где поверхность земли опускается на 1-2 м.

Таким образом, экзогенные геологические процессы характеризуются уплотнением пород и резкой потерей прочности при увлажнении, возмущительными масштабами, но не имеют проявления, взаимосвязанности между процессами.

Инженерно-геологические процессы, вызванные различными видами строительства. Большинство экзогенных процессов, особенно в равнинных урбанизированных лессовых породах являются инженерно-геологическими, так как возникают в результате строительства городов, дорог, технических сооружений, полива территорий, разработки пород как сырья в карьерах. Инженерно-геологические процессы в большинстве случаев азональные, сконцентрированы в городах и промышленных центрах, протекают интенсивно, иногда катастрофично (Котлов и др.). Интенсивное развитие процессов в лессовых породах обусловлено также их специфическими свойствами: чувствительностью к внешним воздействиям, резкой потерей прочности при увлажнении, легкой разрыхляемости, сжимаемости, просадочностью и др.

По характеру воздействия на породы в инженерной деятельности человека можно выделить две группы процессов и явлений:

1) изменение режима поверхностных и подземных вод - эрозия, осадкообразование в ирригационных каналах, оврагообразование, обвалы, оползни, суффозия (подземная эрозия), просадки, переработка берегов водохранилищ, повышения уровня грунтовых вод, увеличение влажности и потеря прочности лессовых пород, заболачивание и др.;

2) изменение напряженного состояния пород в массиве, которое в свою очередь разделяется на две подгруппы: а) связанные с воздействием внешних статических и динамических нагрузок - местные и региональные осадки, тиксотропия; б) связанные с вскрытием пород горными выработками - выветривание, осыпи, оползни, обрушения, провалы и др.

В условиях Средней Азии, где широко развито искусственное орошение и освоение территорий, наиболее распространена первая группа. В этой группе широко развиты просадочные явления, осложняющие условия строительства и эксплуатации сооружений. С ними связаны многочисленные затраты. Просадки встречаются в основном в продольных лессовых породах в пределах высоких террас, предгорных равнин. Интенсивность и величина их проявления в целом увеличивается в сторону водораздельных пространств. Причиной возникновения часто служит утечка вод из оросительной, канализационной и водопроводной сети. В результате длительной замочки этими водами и просадочной деформации обширные площади лессовых массивов значительно уплотнены. Поэтому просадки преимущественно возникают в условиях внешней нагрузки от веса зданий и сооружений, т.е. при совместном давлении от сооружений и собственного веса толщ. В связи с этим при оценке просадочности и составлении прогнозных карт целесообразно выделить лессовые породы, обладающие собственной просадочностью и просадочностью при наличии внешней нагрузки.

В системе древних ирригационных каналов, таких как Бозойский, Захский, Карасуйский в Пратакентском районе, Даргомский в Самаркандском районе в результате многовековой эрозивно-аккумулятивной деятельности вод сформировались довольно крупные долины с собственными террасами.

Русла этих каналов утратили свое первоначальное положение и постепенно приобрели черты природных водотоков, долины их стали ареной развития разнообразных процессов и явлений (эрозия, оврагообразование, оползание, засоление, обвалы, засоличивание и др.).

Размеры долин каналов в толще лессовых пород в Бозойской системе достигают 35 м в глубину, 225 м в ширину, Даргомской системе - 25 в глубину, 200 в ширину.

Многие инженерно-геологические процессы в лессовых породах приобрели региональный характер распространения и развития. В результате полива обширных территорий и чрезвычайно густого разветвления мелкой оросительной сети происходит плодородная инфильтрация поверхностных вод. Среднегодовой объем воды, инфильтрующейся из каналов и помывных земель Ташкента и прилегающих к ним территорий, составляет около 300 млн. м<sup>3</sup>. Ирригационные инфильтрационные воды привели к региональному подъему уровня грунтовых вод, в частности, в среднем на 10-15 м в долине р. Чирчик, на 15-20 м в Голодной степи. В связи с этим регионально развиваются также процессы повышения влажности лессовых пород.

Эти процессы особенно значительны на территории городов, что обусловлено, кроме полива, многочисленными утечками воды из канализационной и водопроводной сети, конденсацией влаги под зданиями и сооружениями и затруднением воздухообмена и теплообмена (1,4). Исследованиями, проведенными в Самарканде (3), установлено, что в условиях континентального климата под зданиями и другими стационарными постройками температура пород в среднем повышается на 3-5°C. Такой перепад температур вызывает конденсацию влаги и увеличение влажности грунтов на 4-5%. По обобщенным данным влажность пород в Ташкенте вышла на 7%, в Самарканде на 6%.

сравнению с влажностью пород окружающих город территорий. Увеличение влажности лессовых пород существенно снижает их несущую способность, увеличивает сжимаемость грунтов.

Природные и инженерно-геологические процессы и явления часто приводят в состояние непригодности полезные земли, к деформации зданий и сооружений, осложняют условия строительства. Поэтому охрана лессовых массивов от развития экзогенных процессов, прогнозирование их отрицательных сторон имеет важное практическое значение.

Влияние сейсмических колебаний на экзогенные процессы в лессовых породах. В литературе широко освещены последствия разрушительных землетрясений, вызывающих крупные оползни и обвалы, не связанные с лессовыми породами, в горно-складчатых областях.

Интенсивность воздействия землетрясений в значительной мере зависит от энергии и глубины залегания очага землетрясения и характеризуется:

- а) величиной сейсмического ускорения;
- б) амплитудой, частотой и длительностью сейсмического колебания.

Основными сейсмическими характеристиками массива горных пород являются: скорость распространения продольной сейсмической волны и сейсмическая жесткость.

Лессовые породы относятся к наименее устойчивым при землетрясениях типам глинистых пород. Однако примерительное к экзогенным процессам в лессовых породах влияние сейсмического воздействия изучено недостаточно. Несмотря на широкое развитие экзогенных процессов в лессовых породах и высокую сейсмическую активность территории, экзогенные процессы, связанные с сейсмическим воздействием, проявляются в единичных случаях. Очевидно, сейсмический эффект проявляется при совпадении времени землетрясения с высокой влажностью, наименьшей прочностью и степенью устойчивости пород склона, а экзогенные процессы приурочены к зонам сейсмоактивных разломов.

Анализ последствий землетрясений, а также полевые и лабораторные исследования показывают, что сейсмические

воздействия повышают деформируемость и снижают прочность лессовых пород. Исследования С.Р. Медведева позволили работать шкалу приращений сейсмической балльности в зависимости от типа грунтов. С.М. Касимов, М.Ш. Шерматов и (2,5,6) под руководством Г.А. Мавлянова, в связи с прямой сейсмического микрозонирования в районах распространения лессовых пород в результате инженерно-сейсмологических исследований установили максимальные значения приращений балльности в зависимости от генетического типа лессовых пород, их мощности и абсолютной отметки территории и экзогенного процесса, развитого на исследуемой территории (таблица).

Природные и инженерно-геологические процессы и явления в лессовых породах и их влияние на изменение сейсмической интенсивности (на примере Чаткало-Кураминской системы структур)

Генетические типы лессовых пород	Территория распространения, абс. отметки	Мощность лессовых пород, м	Процессы развития на территории распространения лессовых пород	Приращение балльности от эталонной балльности
Оплевневые	Высокогорная часть в пределах абс. отм. 3500-4000 м	0,5-1,5	Заболочивание, оплывины	+0,5
Элювиальные	Горная и высокогорная части на поверхности дочетвертичных пород, преимущественно выше абс. отм. 1100-1200 м	0,25-3	Оплевневание, поверхностный осып	+0,5

Элювиальные	Высокогорная и предгорная части на склонах и возвышенностях, преимущественно абс. отм. 1000-1800 м.	0,5-100,0	Оползни, оплывания, трещинообразование, лессовые валы, сели	+I +I,5
Элювиальные	Медгородные впадины, долины речных долин, преимущественно в пределах абс. отм. 300-1000 м	0,25-20,0	Образование лессовых осыпей, сели, сезонное заболачивание	0 +0,5
Промывальные	В районе предгорных проливных равнин в пределах абс. отм. 300-900 м	80-100	Просадка, лессовый псевдокарст, образование лессовых осыпей	+I +I,5
Антропогенные	Территория древних городов, вблизи террас крупных каналов и арыков преимущественно ниже абс. отм. 800-900 м.	0,5-10,0	Просадка, неравномерная осадка	+I +2

Под влиянием сейсмических сил резко уменьшается сцепление и угол внутреннего трения водонасыщенных глинистых пород, причем этот процесс находится в прямой зависимости от величины ускорения, частоты и амплитуды колебаний, а также состояния самого грунта. Пластичные водонасыщенные глинистые грунты легко переходят в текучее состояние.

Разрушительные последствия землетрясения сильно зависят от угла и подхода сейсмической волны к поверхности склона. Наибольшую опасность представляют те очаги землетрясений, из которых сейсмические волны подходят к поверхности под углом 30-60°. В зоне, расположенной вблизи эпицентра, происходит обрушение крутых склонов, бортов, саяв, оврагов.

Изменение прочностных свойств лессовых грунтов под воздействием сейсмических нагрузок в настоящее время изучено слабо, зависит от многочисленных факторов, а их прогноз

значительно затруднен в связи с отсутствием лабораторного оборудования и методики испытаний.

Таким образом, следует отметить недостаточную изученность вопросов по оценке влияния сейсмических явлений на активизацию экзогенных процессов, изменение прочностных свойств и деформируемости лессовых пород, параметров деформаций в толще склона, а также качественной оценки различных инженерно-геологических условий на примере сейсмической интенсивности.

#### Л и т е р а т у р а

1. Котлов Ф. В., Брашвина И. А., Смирнов И. К. Горы и геологические процессы. М., 1974.
2. Мавлянов Т. А., Шерматов М. Ш. Генетических типов четвертичных отложений Чаткало-Кураминских систем структур на изменение сейсмической интенсивности. В со. "Сейсмическое микрозонирование", Кишинев, 1979.
3. Потапов Б. А. Экспериментально-теоретическое исследование температурно-влажностных характеристик грунтов оснований зданий и сооружений в условиях жаркого климата. Автореферат канд. дисс., 1974.
4. Худайберганов А. М. Инженерно-геологические процессы и явления на территории Ташкента. 1974.
5. Шерматов М. Ш. Особенности изучения при сейсмической опасности на территории горно-степных областей (на примере Чаткало-Кураминских систем структур). Тезисы докл. Всесоюзного совещания о лессах лессовых пород. Ташкент, 1980.
6. Шерматов М. Ш. Инженерно-геологическая характеристика палеозойских формаций Чаткало-Кураминских систем структур. Ташкент, 1980.

Н.Е.Котельникова, В.С.Быкова

#### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОДНОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЛЕССОВЫХ ПОРОДАХ ЛИНГОД КАЗАХСТАНА

(ПНИИИС)

В течение длительного времени ПНИИИСом совместно с ЛНГОДом выявляются региональные закономерности просадочности. Это позволило нам, используя фактические материалы ЛНГОДа (М.Т.Адилов, Р.А.Гирканова) проанализировать закономерности распространения воднорастворимых соединений в лессовых породах.

Для южного Казахстана установлены стратиграфо-генетические комплексы лессовых пород, распространенные в пределах нижне- и среднетчетвичных предгорных ступеней и эрозионно-проluvальных равнин, начало формирования которых относится к нижнему плейстоцену, на элювиально-проluvальных и элювиально-проluvальных средне- и верхнеплейстоценовых равнинах и холмистых впадинах, в пределах элювиальных, озерно-элювиальных и озерных верхнеплейстоценовых и голоценовых комплексов. Лессовые породы образуют также маломощные островные возвышения на плато и древних наплавах.

Для различных стратиграфо-генетических комплексов был проведен анализ содержания воднорастворимых соединений, в результате которого установлено, что закономерное изменение содержания лессовых пород равнинных территорий связано с климатической зональностью. По В.М.Чуахину (4), равнинный Казахстан относится к пустынной ландшафтной зоне, в которой выделяются северная и южная пустынные подзоны. Северная подзона охватывает пустыню Бетпак-Дала, Южная При-Арал, Мушкет, для нее характерно повышенное содержание воднорастворимых соединений в почвах и породах. К южной

М. И. Лысенко

О НАПРАВЛЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ПОРОД  
(Ленинградский государственный  
университет)

В определенные этапы геологической жизни Земли существовали условия, благоприятные для образования лессовых пород. Лессовидные породы, отмеченные, например, среди лондонской глины и перми, могут рассматриваться как сильно деградированные лессовые породы, значительно отличающиеся от их современных недеградированных аналогов. Между тем глинистые породы хорошо сохраняются и часто встречаются разрезы осадочной толщи оснований различного возраста.

Лессовые породы, как и почвы, — образования неустойчивые (эфимерные), геологическая жизнь их непродолжительна. Вследствие рыхлости и легкой разрываемости лессовые породы подвергаются усиленной денудации и перемосу. Но иногда лессовые породы сильно уплотнены и превращены в алевролиты.

Лессовые породы сходны с почвами, их даже принимают за "недоразвитые" почвы (4). Такая примечательная черта лессовых пород как отсутствие слоистости наиболее у

достоверительно объясняется тем, что терригенный материал, лежащий преимущественно зоолом путем, в условиях сухого климата подвергается непрерывному сингенетическому изменению под влиянием почвообразовательных процессов.

Как известно, лессовые породы приурочены к ледниковым эпохам, в ископаемые почвы — к межледниковым. В межледниковые постолюнные терригенного материала прекращались, мет становился более гумидным, что способствовало их дальнейшему выветриванию и формированию нормальных почв с

выраженными генетическими горизонтами. О влиянии почвообразования на лессовые породы свидетельствует повсеместное нахождение в них гумуса в рассеянном состоянии в виде точечных агрегатов, Fe - Mn — гумусовых конкреций, призм, подтеков и инкрустаций крупных пор. Гумус и карбонатные соли буквально пронизывают лессовые толщи. По типу ископаемых почв можно судить о палеогеографических условиях, господствовавших в межледниковье. Не палеопедагогические данные основаны стратиграфия лессовых толщ.

Характерная черта лессовых пород — недоуплотненность. Отлагались и формировались лессовые породы в условиях сухого климата, обусловившего образование ниже слоя сезонного изменения температуры и влажности непромываемого горизонта, в котором влажность пород очень мала (до 10%) и практически не изменяется. Независимо от способа седиментации, который, по крайней мере для лессов, был преимущественно золовым, формирование его в меньшей мере лессовидных пород, происходило при недостатке влаги. На недоуплотненность лессовых пород влияет структурные связи, одерживающие процесс уплотнения. Уменьшение пористости препятствует связи, осуществляемой соевым цементом и водородомодными кланями. При уменьшении влажности сила этих связей существенно возрастает. Структурные связи предотвращают нормальное уплотнение лессовых пород под действием веса отлагающегося осадка. Поэтому пористость лессовых пород выше, чем других связанных пород, находящихся под тем же давлением.

Понятие недоуплотненности относительно, оно учитывает взаимосвязь таких факторов, как напряженное состояние, пористость и естественная влажность. К недоуплотненным относят породы, пористость которых выше пористости пород нормальноуплотненных. Недоуплотненность обуславливает просадочные свойства лессовых пород.

Лессовые породы устойчивы и находятся в равновесии с географической средой, при которой формируется непромываемый (импермеидный) горизонт с влажностью пород менее 10%. При более высокой влажности происходит миграция пленочной влаги. Общая влажность лессовых пород повышается, что вызы-

зает частичную утрату просадочности. Просадочные явления выражаются в "падении" грунтовых частиц и агрегатов водостое ослабления структурных связей при повышении влажности. С энергетической точки зрения просадочность свидетельствует о переходе потенциальной энергии, глобальный запас которой в лессовых породах велик ( $\approx 5,4 \cdot 10^{17}$  Дж), в кинетическую (2).

Присутствие в лессовой толще горизонтов ископаемых почв и следы криотурбации указывают на то, что влажность лессовых пород иногда повышалась, но незначительно, иначе существенно изменились бы облик и свойства лессовых пород. Мелкая толща просадочных лессовых пород — свидетельство субэвразийской обстановки, сухого климата и глубокого понижения уровня грунтовых вод.

В природных условиях существует некоторое термодинамическое равновесие между лессовыми породами и географической средой. Влажность грунтов в пределах непроницаемого горизонта изменяется очень медленно. Дегградация, вызывающая утрату кооплотненности лессовых пород, довольно продолжительна, что позволяет рассматривать ее как геологически равновесный процесс. По этой же причине грунты непроницаемого горизонта возможно относить к термодинамически замкнутой системе.

При повышении влажности лессовые породы постепенно "приспосабливаются" к изменившимся условиям географической среды. В послеледниковое время климат стал более гумидным, что вызвало частичную потерю потенциальной энергии и некоторую дегградацию лессовых пород. О более влажном климате в голоцене свидетельствуют следующие факты:

1. Продвижение леса к югу. О наступлении леса на степь свидетельствует нахождение в лесной зоне, например в Киевской и Черниковской областях, лессовых пород и реликтов черномышья почв (1).

2. Зональность просадочных свойств лессовых пород (3). Лессовые породы Русской равнины — зона древних просадок. Настоящее время они способны только к просадке при увлажнении под действием дополнительной внешней нагрузки. Мел-

тем, в лессовых породах зоны сероземных почв в Восточном Предкавказье, а также в Средней Азии просадочность проявляется под действием собственного веса увлажненного грунта. В зоне древних просадок лессовые породы "своуплотнились" и находятся в состоянии равновесия с географической средой.

3. В северной части лесостепи на территории, пограничной с лесной зоной, например в Тульской, Рязанской и на юге Московской области, распространены покровные ("структурные") суглинки, представляющие собой дегградированные под влиянием повышенного увлажнения лессовые породы. Ниже этих суглинков залегают собственно лессовые породы. По сравнению с ними покровные суглинки отличаются выделочностью, повышенной глинистостью, более высокими пластичностью и плотностью сложения, менее выраженными просадочными свойствами, характеризуются специфической столбчатой-нарядной текстурой, мелкопризматическими и комковатыми отдельностями, которые образуются в результате выноса из почвенно-грунтовой толщи глинистых частиц, гумуса и водорастворимых солей.

4. Примером дегградации лессовых пород служит так называемые подовые суглинки, сформировавшиеся в условиях избыточного увлажнения в депрессиях рельефа степной зоны (подлах, блюдцах и т.д.). Подовые суглинки по простиранию переходят в лессовые породы, которые иногда их могут перекрывать (ископаемые поды).

Происхождение депрессий в степной зоне может быть различным. Часто они имеют унаследованный характер, будучи приурочены к понижениям рельефа коренных пород. Некоторые депрессии образовались в результате просадочных явлений. На равнине и в депрессиях рельефа отлагался материал, одинаковый по крупности и минеральному составу. Однако в последующем процессы диатекнеза в этих местах протекали различно. В депрессиях рельефа скапливались талые и атмосферные воды и диатектические процессы протекали в условиях постоянного избыточного увлажнения. В результате оглеения окисные соединения Fe и Mn переходили в закисные, что способствовало их миграции.

Породы приобретали серовато-зеленую и пеструю окраску, в них частично исчезали макропоры, возникали гумусово-железные и железисто-железистые пленки и конкреции. По сравнению с лессовыми породами подовые отложения характеризуются выделочностью, более дисперсным и разнородным гранулометрическим составом, повышенной плотностью, влажностью, пластичностью, липкостью, набуханием, практически полной непроницаемостью.

В последнее время хозяйственная деятельность людей становится мощным геологическим фактором. В результате техногенного в районах распространения лессовых пород уровня грунтовых вод чрезмерно повысился, причем скорость его подъема иногда достигает 1 м/год. Причины подъема уровня грунтовых вод могут быть разнообразны: уменьшение испарения и транспирации паровозной воды и ее конденсация в грунтах на участках застройки, утечки воды из водопроводной и канализационной сети в районах интенсивного гражданского и промышленного строительства, утечки технических вод на предприятиях с "мокрым" технологическим процессом, построение крупных водохранилищ и гидротехнических сооружений территории. Опыт эксплуатации оросительных систем указывает на повышение уровня грунтовых вод в результате поливов.

Лессовые породы с течением времени переходят в равновесие с окружающей географической средой. Однако кратковременное пребывание ниже уровня грунтовых вод существенно не изменяет облик и свойства лессовых пород. Понижение уровня грунтовых вод, например, в результате устройств дренажной сети, приводит к восстановлению, вероятно, частично, свойств лессовых пород. Они характеризуются некоторым гистерезисом при восстановлении структурных связей и свойств, в том числе и прочности. При длительном пребывании ниже уровня грунтовых вод лессовые породы постепенно утрачивают свой специфический облик и свойства, в том числе и прочность. При техногенном подъеме уровня грунтовых вод лессовые породы находятся в неравновесном состоянии с окружающей географической средой. Грунтовые воды в этом случае содержат большое количество заземленного воздуха. Практически полное водонасыщение грунта требует значительного времени.

Процессом деградации лессовых пород при избыточном увлажнении изучены слабо. Однако прогноз того, в каком направлении изменяются лессовые породы по мере увеличения продолжительности их пребывания ниже уровня грунтовых вод, можно сделать, сравнивая их с подовыми суглинками, являющимися продуктами глубокой деградации лессовых пород.

1. Окраска перейдет от светло-пеленой и бурой к пестроцветной и серовато-серой, характерной для подовых отложений и глинных горючих залежечных почв.

2. Темпы гипергенного преобразования минералов возрастут, что проявляется в увеличении показателя выветренности минералов как в легкой, так и в тяжелой фракциях.

3. Реакция гидролиза первичных минералов способствует формированию монтмориллонита и смешаннослойных минералов с набухающей компонентой. При слабой минерализации грунтовых вод и инфильтрации пресных оросительных вод возможно образование каолиновых минералов.

4. Выщелачивание легко- и среднерстворимых солей, уменьшение содержания карбоната кальция.

5. Миграция карбонатных солей вызывает уменьшение карбонатных конкреций и формирование крупных конкреций в нижних лессовых толщах. Количество Fe-Мп конкреций, характерных для гидроморфной обстановки, возрастает; в конкрециях увеличивается отношение  $FeO/Fe_2O_3$ , формируются пленки и бобовины из железисто-железистых и гумусово-железистых соединений.

6. Щелочная и слабощелочная реакция среды поровых растворов сменяется на нейтральную, а затем слабую и кислую.

7. Концентрация  $Na^+$  в поровом растворе резко снижается, а  $Ca^{2+}$  остается практически неизменной. По мере выщелачивания воднорастворимых солей состав обменного комплекса изменяется, в итоге в него может войти  $H^+$  — ион, который присутствует в некоторых лессовидных породах подзолистой зоны.

8. Коэффициент зрелости (отношение  $Al_2O_3/Na_2O$ ) возрастает, содержание  $SiO_2$  в форме простых солей и в обменном

комплекса уменьшается, а Г<sub>20</sub> увеличивается.

9. Дисперсность лессовых пород будет возрастать вследствие дезагрегации водонепрочных микроагрегатов и частичного распада механически- и водонепрочных микроагрегатов.

10. Непромачиваемый ("мертвый") горизонт с малой влажностью пород исчезает.

11. Лессовые породы станут менее размокаемыми, возрастает плотность их сложения, повышается пластичность, липкость и водно-физические свойства, уменьшится водопроницаемость.

12. Ослабление структурных связей, растворение тончайшей пленки цемента вокруг структурных элементов вызывает в условиях напряженного состояния некоторое уплотнение лессовых пород, исчезновение их неоднородности и превращение в непросадочные грунты.

13. Сжимаемость лессовых пород возрастет, а сопротивление сдвигу станет меньше, главным образом за счет сцепления (угол сдвига при этом почти не изменится).

14. Инфильтрация воды вызовет некоторые изменения в относительном содержании макроэлементов.

По мере усиления процесса урбанизации, гражданского, промышленного и гидромелиоративного строительства лессовые породы будут деградировать и утрачивать просадочные свойства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Берг Л. С. Лесс как продукт выветривания и почвообразования. В кн. "Климат и жизнь". М., 1947.
2. Крягер Н. И., Ахешин А. С., Кожевников А. Д., Миндель Н. Г. Сейсмические характеристики лессовых пород в связи с геологическим окружением и техногенезом. М., 1980.
3. Лисин К. И. О деформациях суглинистых грунтов Предкавказья в связи с вопросом об образовании степных блюд. Метер. Сев.-Кавк. геол.-развед. треста, вып. 1, 1932.
4. Обручев В. А. Лесс как особый вид почвы, его генезис и задачи его изучения. Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода, 1948, № 12.

И. В. Финяев, Г. И. Домрачев

#### ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕССОВЫХ ПОРОД ГОРЬКОВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

(Горьковский инженерно-строительный институт имени В. И. Чапаева)

В пределах Горьковского Поволжья (северо-западная часть Приволжской возвышенности) лессовые породы залегает почти сплошным однообразным покровом мощностью до 15-20 м. Комплексный подход при изучении геологической обстановки формирования пород и их литолого-петрографических особенностей позволил расчленить визуально однородную толщу на горизонты, установить происхождение лессовых пород и уточнить стратиграфо-геохимическую схему (1, 2; табл. 1).

Выделено два основных горизонта - верхнеплейстоценовый, эолово-делювиального происхождения, и среднеплейстоценовый, водного, по-видимому, флювиогляциального образования. Они разделены нависающей микულიнской (мазинской) почвой. В результате обобщения фактического материала разработана таблица средних показателей как при естественной влажности, так и на условия полного водонасыщения (табл. 2).

Верхний горизонт развит практически повсеместно в виде покрова. Для него выявлены особенности пространственной изменчивости свойств (1). По простиранию от водоразделов к водотокм меняется влажность и консистенция пород. На водораздельных участках они маловлажные и твердые, вниз по склону влажность постепенно возрастает, переходят в полутвердое, туго- и мягкопластичное состояние. Наиболее увлажнены краевые части покрова.

В распределении плотности установлена другая закономерность. Самые уплотненные разности слагают верхние и



Е.Н.Сквалецкий

К ОЦЕНКЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ  
СВОЙСТВ ЛЕССОВЫХ ПОРОД ПО ГЕОГРАФО-  
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

(Таджикский филиал ВНИИГГи)

При изучении лессовых пород необходимо учитывать комплекс признаков, включая генезис, состав и возраст отложений, геоморфологические условия, современную и палеогеографическую среду. Как установил Г.А.Мавлянов, в первую очередь необходимо выделить генетически и литологически разнородные отложения, а затем принять во внимание другие факторы, особенно геоморфологию и географическую среду.

В генетически однородных лессовых породах, даже на малоудаленных участках, степень просадочности и характер изменения ее с глубиной в разных геоморфологических условиях могут быть различны. Так, в тыловых и центральных частях предгорных шлейфов плотность проливных лессов, их пористость и просадочность, как и мощность просадочного слоя, варьируют в широких пределах. На периферии шлейфов отмечается иная картина: упомянутые показатели с глубиной уменьшаются равномерно и постепенно, а мощность просадочного слоя более постоянна. Эти различия для прогноза просадок имеют первостепенное значение.

Геоморфологические показатели при однотипных климатических условиях могут служить индикаторными критериями таких признаков как мощность просадочного слоя, относительная просадочность, возможная величина просадки. Кроме того, они часто определяют состав, содержание и рас-

пределение водно-растворимых соединений в лессовых породах, с которыми связано послепросадочное уплотнение. Особенно большое значение имеет геоморфология при определении мощности лессового покрова и просадочного слоя. В предгорных районах Средней Азии мощность просадочного слоя как правило возрастает от низких элементов к более высоким. В речных долинах она достигает максимальных значений на более высокой террасе (например, на VI террасе р. Панджа — 38-39 м, на V — 27-30, а на IV — около 22-25 м). Поэтому при картировании лессовых территорий геоморфологические элементы следует использовать при оценке мощности просадочной толщи.

Величина просадок в предгорных районах также связана с геоморфологией, и обычно возрастает от низких элементов рельефа к более высоким. Наибольшие просадки — 1,6-2-3 м, местами до 2,6-3,0 м — в условиях Таджикистана возможны на водораздельных участках и на склонах предгорных возвышенностей. У подножия склонов и на высоких частях предгорных шлейфов прогнозируемая величина просадки от 1,2-1,9 до 2,5 м. На высоких лессовых террасах в долинах рек Панджа, Вахша, Кызылсу просадки составляют 1,6-2,0 м, иногда до 2,3 м, в некоторых межгорных долинах 0,6-1,3 м, на средних террасах — обычно 0,3-0,7 м. На участках понижения, на дне логов просадка редко превышает 0,15-0,2 м. При оценке просадочности необходимо выяснить, как формировался рельеф, отражающий комплекс генетических факторов. Просадочность не всегда возрастает к высоким элементам рельефа. В северной части Яванской долины, представляющей внешние части предгорного шлейфа, проливные лессы слабопросадочны, а максимальные деформации не превышают 0,3-0,5 м. В центральной, более пониженной части, просадки достигают уже 1,2-1,5 м, а в южной, находящейся на периферии предгорного шлейфа, отмечены просадки до 2,4-2,5 м при фоновой величине 1,8-2,2 м. Это объясняется различной степенью засушливости отдельных частей Яванской долины, на севере среднегодовая норма атмосферных осадков составляет 650-750 мм, а к югу постепенно снижается до 250 мм.

Коэффициент увлажнения  $f$  в северной части долины равен 0,5-0,6, а в южной уменьшается в 2,5-3 раза. В Таджикистане лессовые породы при коэффициенте  $f = 0,5-0,7$  обычно слабопресадочны, а при  $f$ , близком к единице, теряют пресадочные свойства. При прочих равных условиях (состав, влажность, условия залегания) с уменьшением коэффициента увлажнения до 0,2-0,15 степень и величина пресадок увеличиваются, что следует учитывать при анализе пространственной изменчивости пресадочности, а также при предварительных оценках возможных деформаций.

С увеличением высоты местности и количества осадков возрастает глинистость лессовых пород, естественная влажность, снижается пористость, содержание солей, пресадочность, мощность пресадочного слоя. Сопоставление средних показателей по трем районам Таджикистана, находящимся на высоте 400, 700 и 1100 м с годовой суммой осадков соответственно 230, 560 и 750 мм подтверждает указанную закономерность. Пресадочность делювиально-пролювиальных пород в этих районах на склонах по мере роста осадков снижается более, чем в два раза. Величина деформаций от 2,3 до 0,6 м, возрастает начальная влажность и начальное давление промокания.

Пресадочность лессовых пород на склонах разной крутизны может различаться в 2 и более раз; например, на склоне крутизной  $30-35^\circ$  в расчете на 20-метровый слой расчетная пресадка составляет 124 см, а крутизной  $7-10^\circ$  - 66 см. При изучении пространственной изменчивости пресадочности в горных районах нужно установить характер увлажнения пород на склонах разной крутизны и экспозиции, и показатели физико-механических свойств определять дифференцированно для каждой категории склонов. Прогноз пресадок для них также следует выполнять отдельно.

В понижениях микрорельефа, например, в пресадочных блоках, пресадочность лессовых пород проявлена. В зависимости от условий микрорельефа можно встретить существенные различия как в мощности пресадочного слоя, так и в возмозной величине пресадки, достигающих 200-300%. При исследовании

нужно обязательно учитывать микрорельеф местности и дифференцировать пресадки в зависимости от наличия дождевых стоков, понижений.

Географо-геоморфологические признаки позволяют более детально оценить изменения плотности, влажности лессовых пород, содержания в них солей. Так, анализ пористости лессовых пород Восточной долины методами математической статистики позволил не только установить уменьшение ее средних значений от высоких к низким геоморфологическим элементам, но и доказать, что пологие в пределах каждого из них лессовые породы достаточно однообразны. Пористость с увеличением в разных геоморфологических условиях уменьшается по-разному. На водоразделах и склонах возвышенностей в пределах верхнего 15-метрового слоя пористость снижается незначительно (0,5-0,9% на каждые 5 м) и лишь глубже это снижение более отчетливо (1,5-2,5%); на высоких террасах (до 20м) оно равномерно (0,9-1,4% на 5 м), а ниже - интенсивнее. На В террасе пористость по мере углубления снижается более резко, 1,7-3,4% на каждый 5-метровый слой.

А.И.Иоаннов, А.С.Сперов, К.И.Нурмухамедов

# ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ПО- РОД МЕТОДАМИ КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

(Ташкент, Институт сейсмологии АН УзССР)

Как показали работы (1,2), инженерно-геологические условия территорий распространения лессовых пород, подверженных воздействию естественных и искусственных факторов, отличаются друг от друга незначительно и обычно оценки их изменений не всегда точны.

В статье речь пойдет о выделении территорий с лессовыми породами с различными сроками орошения в пределах одного и того же геолого-генетического типа, в частности, в пределах лессовых пород среднечетвертичного и позднечетвертичного комплексов. Лессовые породы данного комплекса более характерны для массива Джун в Приташкентской долине, расположенного в нижнем течении р.Чирчик. Здесь выявлены закономерности изменения показателей инженерно-геологических свойств лессовых пород в связи с орошением, выбраны площади: неорошаемые-сложные напроходные, орошаемые лессовыми породами; орошаемые-сложные с орошением, проявленными и проявленно-просадочными лессовыми породами и староорошаемые - с проявленно-напросадочными лессовыми породами.

Срок давности орошения или неорошения территорий выявлен визуально и по архивным данным. В пределах орошаемых участков мощность лессовых пород достигает в просадочной толще 20 м и в зависимости от положения грунтовых вод, изменяющегося от 8 до 22,5.

Границы участков выделяли на основе результатов полевых и лабораторных исследований, опираясь, в основном, на такие показатели как объемная масса, пористость, влажность и относительная просадочность лессовых пород. Различия лессовых пород по результатам анализов гранулометрического состава и структурном отношении казались несущественными.

Последующий анализ показал, что это не совсем так, поскольку при сопоставлении результатов гранулометрического анализа обращалось внимание только на те фракции, преобладающая роль которых была незначительна.

Для статистического выбора при комплексной интерпретации показателей результатов определений показателей состава и свойств лессовых пород по шурфам, пройденным на вышеуказанных участках.

Дискриминантный анализ выполнен по методике, предложенной в работе Г.К.Бондарика и др. (2).

Результаты анализа показывают, что на основе этого метода возможно оценить различия между лессовыми территориями с разными сроками орошения и тем самым проверить правильность их разграничения (таблица).

Оценку условий произведена по комплексу показателей с помощью линейного дискриминатора, для вычисления которого использованы пористость, влажность, объемная масса скелета грунта и в естественном состоянии, а также содержание песчаной, пылеватой и глинистой частей.

Дискриминатор  $X_0$  рассчитан по формуле

$$X_0 = \sum_{i=1}^m \frac{\bar{R}_{ii} - \bar{R}_{2i}}{S_i} \cdot R_i \quad \text{с порогом}$$

$$L = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \frac{(R_{ii})^2 - (R_{2i})^2}{S_i},$$

где  $m$  - число показателей свойств,

$\bar{R}_{ii}$  - среднее значение  $i$ -того показателя для первой выборки;



Для сравнения в таблице 4 приведены значения  $\Pi$ , который используется для предварительной оценки осыпных свай. В соответствии с п. 2.15 СНиП II-10-75 набухшим относятся грунты, для которых значения  $\Pi \geq 0,3$ . Анализ приведенных данных показывает, что осыпные свайки проявляются и при более низких значениях  $\Pi$ , что, вероятно, объясняется влиянием донных слоев.

Результаты исследований свойств указывают на необходимость расширения критерия набухших грунтов, с учетом дополнительных других свойств, влияющих на характер проявления набухания.

Анализ изложенных данных показывает, что лессовидные грунты практически непроницаемы в ряде случаев могут быть достаточно высокими набухающими свойствами, что необходимо учитывать при расчетах оснований зданий и сооружений.

Мамыров Э.М., Сгибнев В.В.

# ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ В ПРОЦЕССЕ МЕЛИОРАТИВНОГО ОСВОЕНИЯ ЛЕССОВИДНЫХ ГРУНТОВ

(Институт геологии АН КиргССР)

В зоне мелиоративного освоения Чуйской долины Киргизской ССР лессовидные грунты широко распространены. Их мощность составляет 10-40 м, достигая в отдельных случаях 100 м. Лессовидные грунты преимущественно верхне- и среднеквартального возраста, смешанного элювиально-пролювиального генезиса. Их коэффициент фильтрации  $K_f$  изменяется от 0,04 до 2,53 м/сут.

При столь большом интервале значений  $K_f$ , существующие эмпирические зависимости типа  $K_f = f(n)$  где  $n$  - пористость, не являются достаточно достоверными (1). Например зависимость  $K_f = 32,1 \cdot n^{11,45}$  (1) имеет коэффициент корреляции 0,55.

Результаты конкретного использования различных методов определения  $K_f$  обобщены в работе (2). Как указывается в этой работе, наиболее достоверен метод определения  $K_f$  по гидродинамическим сетям, в основе которого лежит формула Дарси:  $Q = K_f \omega L$ , где  $Q$  - приток воды к дрене,  $K_f$  - коэффициент фильтрации,  $\omega$  - площадь поперечного сечения потока,  $L$  - уклон потока. Однако этот метод обладает двумя недостатками. Во-первых, он не применим для участков с глубоким залеганием УГВ. Во-вторых, требует установления значительного количества пьезометров (3).

Надо отметить, что мелиоративное освоение лессовидных грунтов, как правило, сопровождается их увлажнением. Это в свою очередь, вызывает уплотнение грунтов и изменение их фильтрационных свойств с ярко выраженной анизотропией

$K_{\phi}$ . Исходя из общей теории связности грунтов, можно, что изменение  $K_{\phi}$  — функция изменения  $\gamma$  — общей массы скелета и наиболее полно описывается выражением вида  $K_{\phi} = \sigma \exp(\beta \gamma)$  (2), где  $\sigma$  и  $\beta$  — постоянные коэффициенты.

По данным 130 наблюдений построены корреляционные статистически обработаны результаты лабораторных исследований. Коэффициент корреляции для предложенной зависимости при нормальном распределении исходных данных равен 0,87.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что изменение  $K_{\phi}$  — функция  $\gamma$  и описывается выражением (2). Предлагаемая зависимость наиболее полно учитывает явления уплотнения лессовидных грунтов при их мелiorации. Использование этой зависимости позволяет получать массовые значения вертикального значения при общем снижении затрат, так как не требует проведения дорогостоящих полевых испытаний и позволяет прогнозировать изменение фильтрационных свойств грунтов при мелiorации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дубнов М. К., Седьков Т. М. Возможности установления связи между коэффициентом фильтрации, пористостью и механическим составом почв и грунтов. Материалы к республиканской научной конференции по вопросам мелiorации и водного строительства. Часть I. Фрунзе, 1968.
2. Квалински К. И., Дубнов М. К. К вопросу определения  $K_{\phi}$  почвогрунтов, используемого мелiorативных (безмисовых) расчетов. Вопросы сельского хозяйства, вып. 29, Фрунзе, 1974.
3. Дубнов М. К. Мелiorация земель в условиях нехватки грунтовых вод. М. 1978.

Э.Б.Мавлянов, И.У.Усманов, А.Н.Инамов

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЛЕССОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ОРОШЕНИЯ

(ГИДРОИНТЕО)

Огромные масштабы орошаемого земледелия и ирригационно-мелиоративного строительства на лессовых территориях значительно изменяют инженерно-геологические условия не только на орошаемой территории, но и за ее пределами. Некоторые исследователи (4) отмечают, что одной из важнейших теоретических проблем инженерной геологии является исследование изменений, происходящих в геологической среде под влиянием инженерной и хозяйственной деятельности человека. В настоящее время вопросы изучения региональных изменений инженерно-геологических условий на территории Средней Азии занимались немногие авторы (1, 2, 6).

В 1978 г. производственным объединением "Узбекгидрогеология", в соответствии с разрешением министерства геологии СССР впервые были поставлены региональные исследования с целью изучения изменений инженерно-геологических условий лессовых территорий под влиянием орошения и ирригационно-мелиоративного строительства первой очереди освоения Каргинской степи на площади 2800 км<sup>2</sup>.

В данной статье описывается опыт и некоторые методические вопросы проведения этих исследований.

Региональные изменения инженерно-геологических условий под воздействием орошения исключительно разнообразны, но вместе с тем закономерно подчинены характерным