

145  
19115

# ПРОБЛЕМЫ ЛЕССОВЫХ ПОРОД В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

ТРУДЫ ВСЕСОЮЗНОГО  
СОВЕЩАНИЯ  
1980г.

ФАН

28. Шварцев С. Л. О физико-химических процессах в толще многолетнемерзлых пород. В кн. "Криогенные процессы в почвах и горных породах". М., 1965.
29. Шукин 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.W., Lohnes R.A. Pore structure of friable loessa. - Highway Res. Rec., 1973, N 429, p.23-25.
34. Smalley I.J., Cabrerera 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., Cabrerera J.G. The shape and surface texture of loess particles: Reply. - Geological Society of America, Bulletin, vol.82, N.8, p. 2361-2364.
36. Vitta - Finzi C., Smalley I.J., Kressley D.H. Crystalline overgrowths on Quartz Particles. - Journal of geology, vol.81, N.1, 1973, p. 106-108.

С.М.Касымов, К.Ш.Нурмухамедов,  
Р.А.Тиллябев

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ПОРОД В СЕЙСМОАКТИВНЫХ РАЙОНАХ

(Институт сейсмологии АН УзССР)

В настоящее время сейсмосективная зона занимает около 20% территории нашей страны, на которой расположены столицы союзных республик Алма-Ата, Брунз, 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 сейсмосективных 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. Микросейсмический эффект сильных разрушаительных землетрясений описывали И.В.Мунжетов, И.И.Бровников, В.Н.Вебер, Ф.И.Чернышов и др. Позже этой проблемой занимались К.И.Богданович, Г.П.Горшков, Д.И.Мунжетов, В.О.Диокхер, И.А.Гзелишвили, С.В.Медведев, А.Н.Сафарьян, В.В.Попов и многие другие.

С 1960 г. в связи с сейсмическим микрорайонированием и интенсивным строительством в соответствии с постановлениями Академических органов, изучение лессовых пород в сейсмосектив-

ных районах приобретает широкое применение. При этом большой вклад в изучение лесовых породы многие научные и производственные организации, такие как ИФЗ АН СССР (С.В. Медведев, один из основоположников инженерной сейсмологии; Пучков, Кац, Шебалин, Половинкин, ВИСА им. Куибышева (Попов, Назаров и др.), ПНИИгстроя СССР (Кригер, Беулин, Миндель, Кожевников, Азимов и др.), ИЗК СО АН СССР (Соловьев, Павлов, Павленков, Джурик, Сырова и др.), ИС АН УзССР (Мавлянов, Касымшареев, Чемзетов, Джураев, Абдурахманов, Худайбергенов и др.), САФНИИОСП (Мусеалиев, Леврусевич и др.), Таджикгипротез (Оглиблин, Миндель), ТаджикГИИМТИЗ (Орилов, Лаврухин и др.), ТИСС АН ТаджикССР (Мирзобаев, Котек, Романов), СИ ТССР (Вехтанов, Эзанов, Герегозов), КазГИИЗ (Адыков, Диков, Солдатенко, Гиржанов), ИС АН КиргизССР (Колмураев, Дуйменалиев, Репин, Турыкулов) ИГ и Г АН МолдССР (Диб, Богуславский, Саянов и др.) и многие другие. Особого внимания заслуживает работа С.В. Медведева "Инженерная сейсмология" (1962), которая послужила методической основой для развития инженерно-сейсмологических исследований лесных и других горных пород в сейсмоктивных районах.

Анализ литературных данных, а также опыт исследования лесовых пород в сейсмоктивных районах, проведенных Институтом сейсмологии АН УзССР заслуживает в пределах Узбекистана. Позволили установить некоторые геофизические особенности лесовых пород, влияющие на изменение сейсмического эффекта на поверхности земли.

1. Возраст и генезис лесо-городов. Влияние этих факторов впервые выявлено Г.А. Мавляновым (13), а позже подтверждено инструментальными и геофизическими методами исследований при сейсмическом мониторинге территории городов Ташкента, Ангрена, Чимкент и др. (5,6). Сходные результаты дал анализ материалов некросейсмических обследований последствий Иоффе-Эмского и Тавексайского землетрясений 1977 года (8,9).

2. Питрографические различия лесовых пород также влияют на изменение сейсмической интенсивности. Это выявлено

во при сейсмическом микрорайонировании территории г.Ташкента (рис. I), где лессовидные породы по сравнению с древним аналогом лесса - "каменным лессом" по макросейсмическим, геофизическим и инструментальным данным дают 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. Чирчика 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.Кожевников, И.Г.Мидель (II) установили связь сейсмических свойств 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-

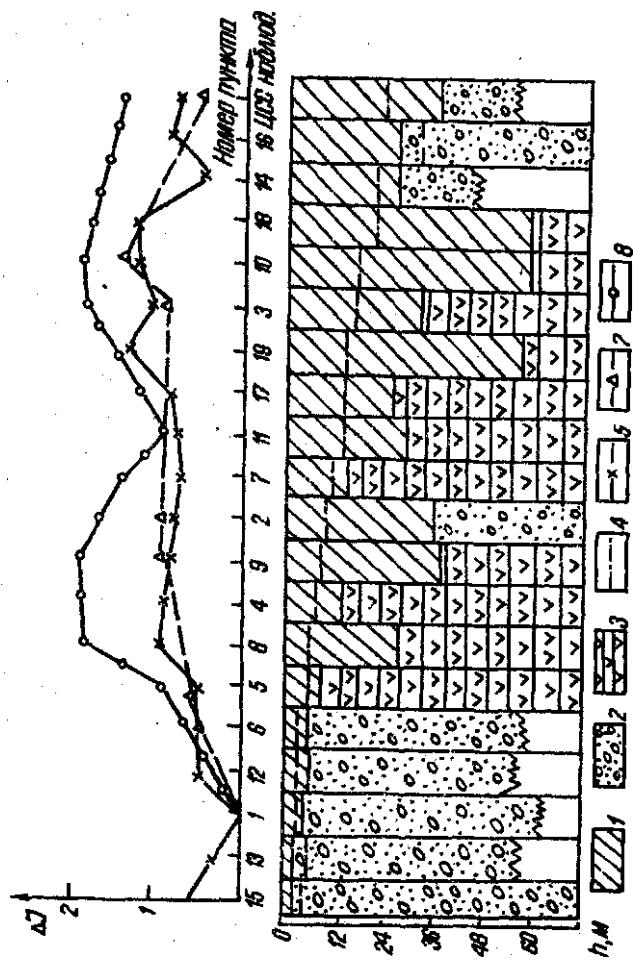


Рис. 1. Изменение приращения сейсмической балльности от грунтовых условий г. Ташкента. 1 - лессовидные породы, 2 - гравийно-галечниковые отложения, 3 - каменистый лесс, 4 - уровень грунтовых вод; приращение балльности: 5 - по инструментальным, 6 - акустическим, 7 - макросейсмическим данным.

ниах выражаются сейсмической устойчивостью, которая определяется углом склона, 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.Бахтанове (8) выявила зависимости между влажностью, пористостью, коэффициентом пористости и скоростью продольных волн.

На основании анализа материалов нами, 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 перегенетических комплексов влаги и вывели новую формулу определения приращения балльности 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 лесовые породы, обладающие просадочными свойствами, что вызывает потенциальную опасность увеличения исходного балла. Закономерности изменения сейсмической опасности в зависимости от проявления просадки изучали В.В.Попов и др. (21), Н.И.Кригер и др. (11) и в настоящее время ведут исследования в этом облас-ти С.М.Касымов и др. Они установили, что во время проявления просадки лесовых пород значительно снижается скорость продольных волн и ухудшаются сейсмические условия в пределах 1-2 баллов. Аналогичные явления отмечены на горных склонах В.И.Уломовым 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 микрорайонировании Алматы, Фрунзе, Акхабада, 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; Акхабада - 4 м (2). Причина подобного расхождения в оценках влияния уровня грунтовых вод, по мнению А.Н.Вахтановой, в недоучете влияния на сейсмические свойства грунтов мощности кавипилярно-водонесущего слоя, реодолагающегося выше зеркала грунтовых вод.

В результате экспериментальных исследований Н.И.Кригер и др. (II) также установили влияние уровня грунтовых вод в районе Ставропольского края, где о уменьшении 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.Нероесова и др. (16), Г.А.Ляминой, Т.Г.Ивановой (12), Е.М.Бугаева (1) 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 Исфера-Баткенского, Таваксейского 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. Сотрудники Института сейсмологии АН УзССР провели исследования в этом плане (16, 23). Методом моделирования определено влияние обводненных слоев, мощности, сложности 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 изменения сейсмического эффекта выявлено на отдельных участках и площадях опытно-экспериментальными исследованиями и при сейсмическом микрорайонировании. Однако в настоящее время многие основные проблемы изучения лесовых пород остаются нерешенными. Исходя из этого, мы сформулировали проблемы изучения лесовых пород в сейсмоактивных районах.

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

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

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

4. Разработка теоретических и методических инженерно-сейсмогеологических и сейсмогеокриологических основ детального сейсмического районирования и микрорайонирования при менительно к территориям распространения лесовых пород.

5. Разработка кондиций инженерно-геологических, геофизических и инструментальных сейсмологических исследований при детальном сейсмическом районировании и микрорайонировании лесовых массивов в зависимости от сложности условий.

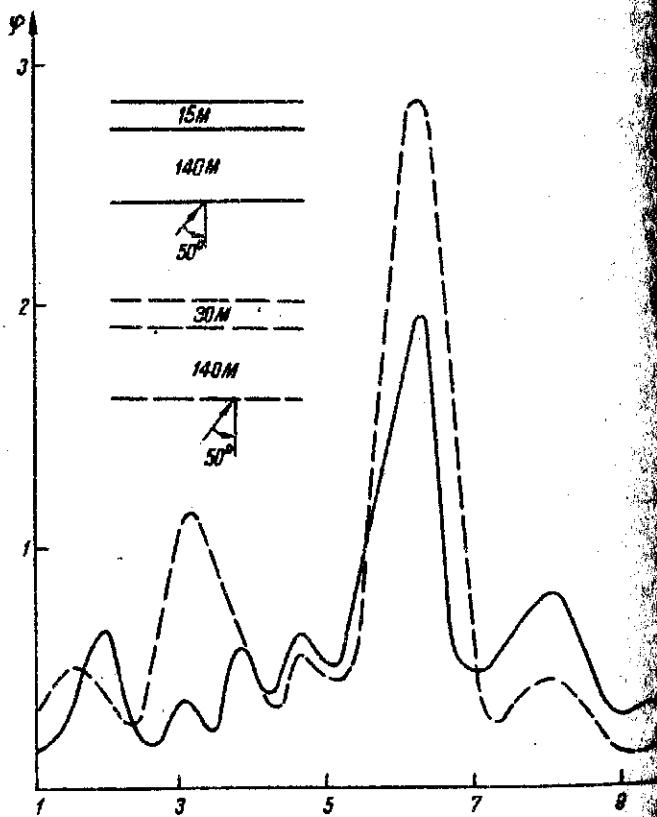


Рис. 2. Влияние мощности слоя на горизонтальную  
1 - 15, 2 - 30 м (по С.М.Касымову, 1979).

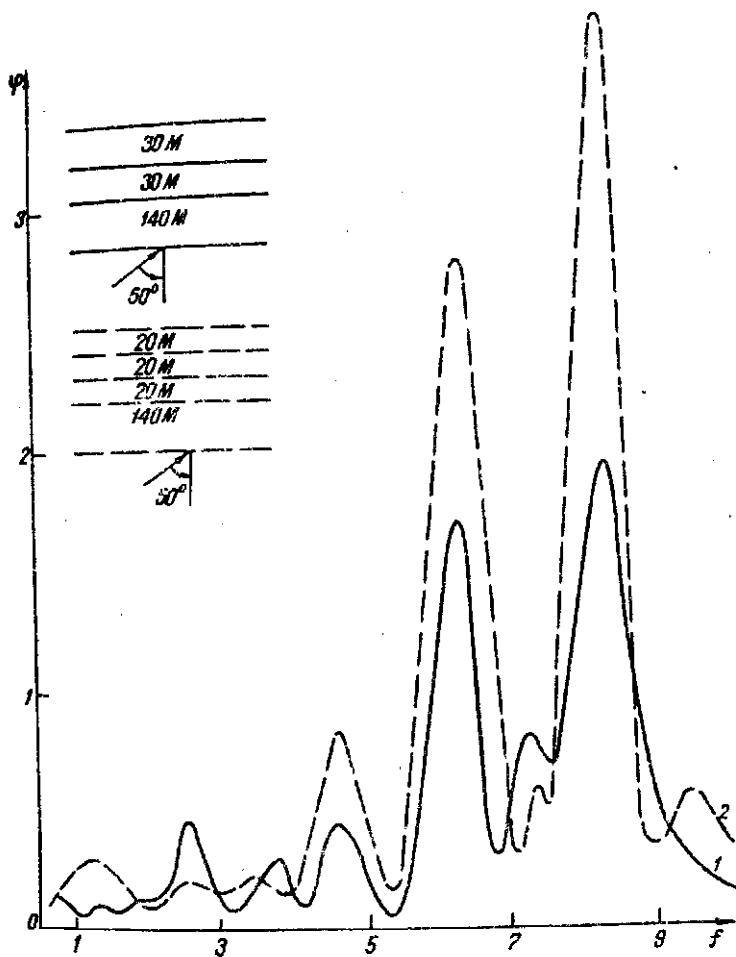


Рис. 3. Влияние слоистости на спектральную характеристику двухкомпонентных сред: 1 - двухслойная, 2 - трехслойная (по С.М.Касымову, 1979).

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

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

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

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Б у г з е в Е. Г. Исследование характера колебаний борта каньона при близких землетрясениях. ВИС, вып. 1973.
2. В а х т и н о в А. Н. Инженерно-геологическая основа сейсмического микрорайонирования (Туркменской ССР). Автореф.докт. дисс., М., 1971.
3. В а х т и н о в А. Н. О корреляционной взаимности между инженерно-геологическими и сейсмическими характеристиками пород. В сб."Сейсмическое микрорайонирование", вып. I, Душанбе, 1973.
4. В а х т и н о в А. Н. Методические указания к производству инженерно-геологических исследований для сейсмического микрорайонирования. В сб."Инженерно-геологическая основа сейсмического микрорайонирования". Ташкент, 1977.
5. К а с с ы м о в С. М. / и др. /. Информационное сообщение № 61. Ташкент, 1972.
6. К а с с ы м о в С. М. / и др. /. Сейсмическое микрорайонирование г. Чирчика и некоторые вопросы методики. Ташкент, 1977.

7. Касымов С. М., Нурмухamedов К. Ш.,  
Валиев Т. С. К вопросу определения скорости  
прохождения сейсмических волн в лессовых и  
обломочных грунтах Восточного Узбекистана. Ин-  
формационное сообщение № 190, Ташкент, 1978.
8. Касымов С. М. / и др./. Результаты макросейсмоми-  
ческого обследования Исфара-Баткенского земле-  
трясения 31 января 1977 г. на территории некоторых  
городов УзССР. Информационное сообщение № 194, Ташкент, 1978.
9. Касымов С. М. / и др./ Таваксайское землетрясе-  
ние 1977 г. Информационное сообщение № 197.  
Ташкент, 1978.
10. Касымов С. М. Инженерно-геологическая основа  
сейсмического микрорайонирования. Ташкент,  
1979.
11. Кригер Н. И. / и др./ Сейсмические характеристи-  
ки лессовых пород в связи с геологическим  
окружением и техногенезом. М., 1980.
12. Лямин Г. А., Иванова Г. Г. Зависимость интенсивности горизонтальных колебаний  
от крутизны склонов. ВИСА, вып. 15, 1973.
13. Мавлянов / и др. /. Приращение сейсмической  
интенсивности территории Узбекистана в связи  
с изменениями от инженерно-геологических условий.  
В сб. "Вопросы региональной сейсмичности Средней Азии". Фрунзе, 1964.
14. Медведев С. В. Инженерная сейсмология. М., 1962.
15. Назаров А. Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Ереван, 1959.
16. Нерсесов И. Л. / и др./ Труды координационно-  
го совещания по гидротехнике. вып. 47, Л., 1969.
17. Нурмухамедов К. Ш. О взаимосвязи инженер-  
но-геологических и сейсмических свойств лессовых  
пород Чирчик-Ахангеренского бассейна. "Узб. геол.  
журн.", 1978, № 3.

18. Нурмухamedов К. Ш. О сейсмических свойствах лесовых пород Чирчик-Ахангаранского бассейна. В кн. "Районирование сейсмической опасности и поиска предвестников землетрясений". Мат. конференции молодых ученых-сейсмологов 1-3 декабря 1976 г. Ташкент, 1978.
19. Нурмухamedов К. Ш. О пространственной изменчивости инженерно-сейсмических свойств лесовых пород Чирчик-Ахангаранского бассейна. В сб. "Традиционные и новые вопросы сейсмологии и сейсмостойкого строительства". Тезисы докладов, манб., 1978.
20. Орнатский Н. В. Опыт теоретического исследования предельного равновесия сыпучих грунтов для целей геологического микросейсморайонирования. Учен.записки Моск.Университета, вып.177, 1956.
21. Попов В. В. / и др. /. Использование электрических и сейсмических свойств лесовых грунтов для целей сейсмического микрорайонирования на заселенных территориях. В сб. "XXVII научно-техническая конференция". Тезисы докладов и аннотации. М., МИСИ, 1968.
22. Пучков С. В. Значение рельефа местности при сейсмическом микрорайонировании. Труды ИФЭ АН СССР, 1965, № 3.
23. Соатов А., Касымов С. М. / и др. /. Теоретический метод сейсмического микрорайонирования. Информационное сообщение № 187. Ташкент, 1975.
24. Узомов В. И. / и др. /. Оценка микросейсмических условий территории Атчинского оползня. В сб. "Лемы лесовых пород в сейсмических районах". Тезисы докладов Всесоюзного совещания. Ташкент, 1978.
25. Чирхер В. О. Сейсмика в проблемах планирования городов. Труды физ.-техн. ин-та. Туркменский филиал АН СССР, Ашхабад, 1949.

И.Я.Богданов, А.И.Исламов

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ЛЕССОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ  
( ВНИИГИМ, ТАИГИТИ )

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.

Переду 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 вновь осваиваемых районах для выяснения общих перспектив строительства, а также при проектировании крупных и основных объектов, имеющих особо важное народнохозяйственное значение, производят работы по технико-экономическому обоснованию намечаемого первоочередного строительства.

слаборасчлененного микрорельефа Прикопетдагской изнанки. Рис. 1 демонстрирует динамику влажности и пористости переотложенной пыли и может служить примером золоводоводческой гипотезы формирования лесовых пород. Однако, как и в первом случае, высыхание переотложенной лесовой пыли в условиях положительных температур привело к образованию танкообразной алевритовой породы, непросадочной даже при давлении 1-2 МПа.

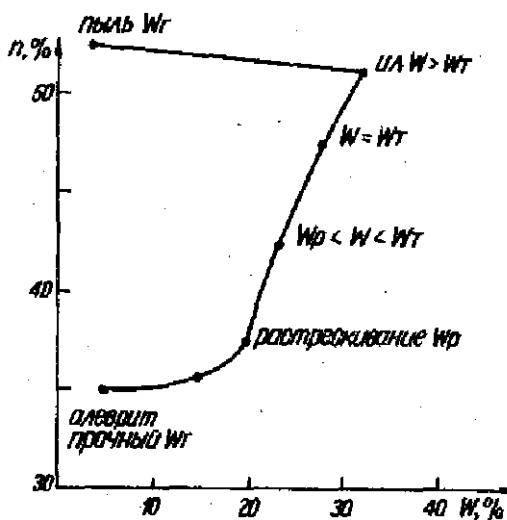


Рис. 1. Динамика влажности и пористости переотложенной лесовой пыли.

3. На третьей опытной площадке золовая пыль лесового состава была изолирована от влияния дождевых осадков. Замачивание смычного осадка произошло в результате интенсивной конденсации парообразной влаги в ночные времена 16-22 февраля 1968 г. на рис. 2 показана динамика ув-

лажнения при конденсации паров и дегидратации при высыхании. Вновь сформировалась крепкая, прочная, танкообразная, непросадочная порода с типичным лесовым химико-минеральным составом.

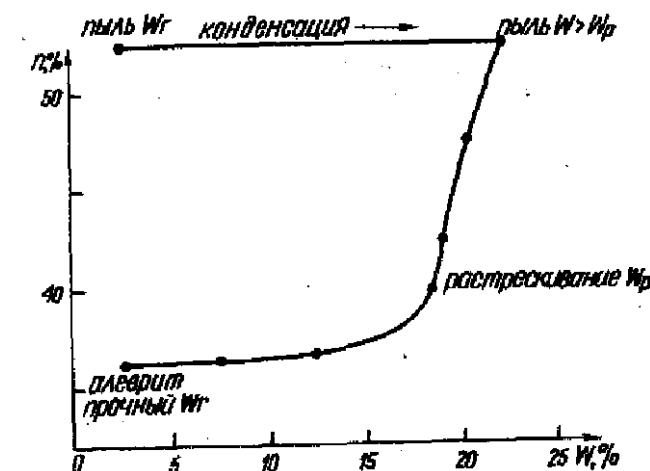


Рис. 2. Динамика влажности и пористости лесовой золовой пыли, увлажненной в результате конденсации паров воздуха.

Золоводческая гипотеза была предложена А.П.Павловым в 1903 г. при исследовании лесовых пород в предгорьях Копетдага и Туркестанского хребта. Выделяя этот генетический тип лесосы, А.П.Павлов писал: "Формирование проявляется 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 промывальных отложений во время интенсивных селевых явлений 22-23 апреля и 5-7 мая 1976 г. Характерное мелкое озеро, где велись наблюдения,

А.В.Минералин

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, оформленвшимся в новейший этап геологической и палеогеографической истории Советского Союза.

В вопросе о генезисе просадочности лессовых пород следует оттого различать две стадии континентального литогенеза: первую стадию седиментогенеза, т.е. накопление минерального осадка различными генетическими путями в фациальной и климатической обстановке; вторую -превращения осадков в просадочную горную породу в результате сложного комплекса физико-химических, физических, химических, криогенных процессов алягенеза гипергенеза (41), субарального диагенеза (46) и хриолитогенеза (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 настящее время при исследований и пуб-

## II

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

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-влагообеспеченностью (Средняя Азия, Сев.Казахстан, Степной Алтай, Минусинский межгорный прогиб, межгорные альпийские впадины Забайкалья). 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 такиро-образную породу, не просадочную при нагрузках в 1,5 МПа. Даже непрерывное (12 час.) воздействие процессов криолитогенеза в условиях Средней Азии способно превратить прочный, низкопористый, непросадочный алеврит в типичный просадочный лесс (26).

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

слаборасчлененного микрорельефа Приколетдагской впадины. Рис. I демонстрирует динамику влажности и пористости переотложенной пыли и может служить примером золоводоизменальной гипотезы формирования лесосовых пород. Однако, как и в первом случае, высыхание переотложенной лесосовой пыли в условиях положительных температур привело к образованию такирообразной алевритовой породы, непрессованной даже при давлении 1-2 МПа.

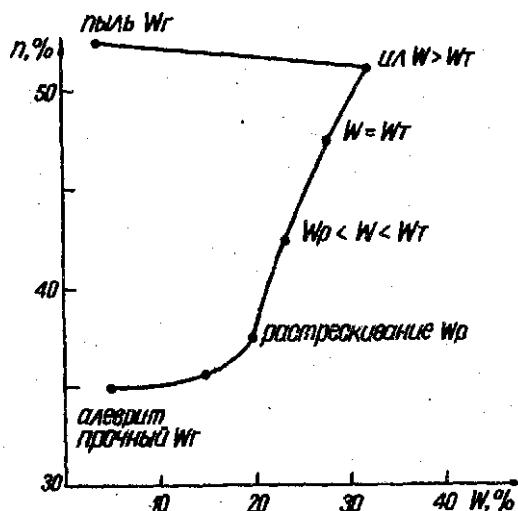


Рис. I. Динамика влажности и пористости переотложенной лесосовой пыли.

3. На третьей опытной площадке золовая пыль лесосового состава была изолирована от влияния дождевых осадков. Замачивание смычного осадка произошло в результате интенсивной конденсации парообразной влаги в ночные времена 16-22 февраля 1968 г. на рис.2 показана динамика ув-

даже при конденсации паров и дегидратации при высыхании. Вновь сформировалась крепкая, прочная, тяжелообразная, непросадочная порода с типичным лесовым химико-минеральным составом.

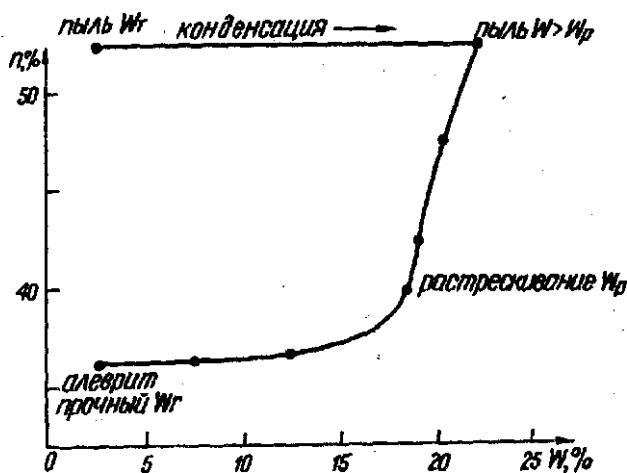


Рис. 2. Динамика влажности и пористости лесовой золотистой пыли, увлажненной в результате конденсации паров воздуха.

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

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

Формирование современного профиля характерного лессового состава при высыхании от состояния суспензии до такыра в этом озере 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 такыр с петрографическими особенностями типичного лесоса 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 проливальных лессовых пород в уоловых южной Туркмении может служить первая очередь насыпной плотины Копетдагского водохранилища в зоне строительства Каракумского канала (Геоктепинский р-н). Плотина высотой 10 м намывалась из проливальных лессовидных супесей голоднотеплового и ташкентского комплексов. Намыв проводился порциями лессового или 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.Черетели в плотине были отобраны монолиты на полную мощность. Определение просадочности искусственных проливальных 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 овойоты у осадков золового и проливального 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-

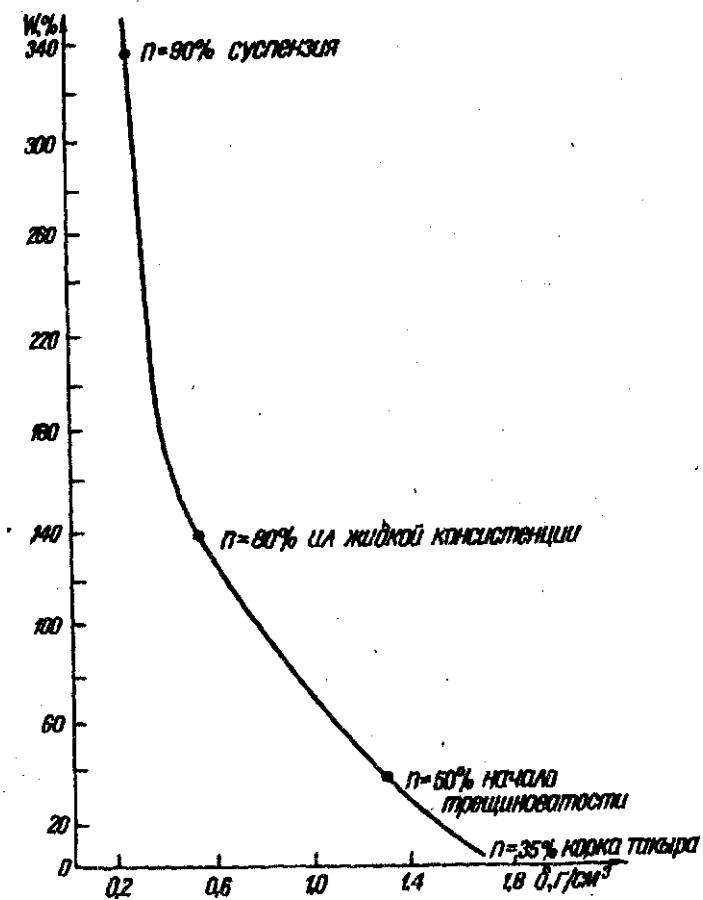


Рис. 3. Динамика влажности и пористости современных проливных (соловых) отложений.

тета проведено моделирование формирования просадочных свойств в образцах тяжирообразных алевритов. Образцы помещались в винилпластовые колбы, капелько и капилярно 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 оттапливали и высушивали также односторонне при температурах  $+18^{\circ}\text{C}$  до влажности просадочных среднеазиатских 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 промозгальном способе аккумуляции материала проводилось в отличной от Среднеазиатской природной обстановке с глубоким сезонным промерзанием поверхности пород (юг 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 расщучивались до пористости 50-52% (при льдистости 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 синтетический криотогенез: или в течение зимних месяцев порциями осаждались при постоянном промерзании. К концу зимы была получена высокопористая мерзлая лессовая толща (объемная льдистость около 30%). В течение весны, лета и осени произошла геологически быстрая деградация мерзлоты в мерзлых искусственных лесах 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 продольных отложений изучалось в Назаровском буроугольном карьере Красноярского края, где вскрытые породы представлены лессами. Разрабатываются лессы в разрезе гидромонитором, лессовая пульпа сбрасывается в отработанные участки карьера, где в зимние месяцы ежегодно промерзает. Таким образом, за 25 лет сформировалось искусственные продольные 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 отпаду надпойменной террасы. Такой переход осуществлялся оружием пойменного пылеватого аллювия лессового состава путем глубокого понижения грунтовых вод при длительных грунтовых откачках.

Первый опыт проводился на высокой пойме р. Амударья в районе пос. Саит Чарджуской области силами Центрально-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  $P_{пр.}$  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 грунтовых откачек с понижением уровня грунтовых вод на 6 м из пойменных лессовидных суглиняков открытой листовой фации аллювия. Осушение аллювия, глубокое сезонное промерзание, оттаяние и иссушение 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 вязких пород за мгновение в результате процессов почвообразования, протекающих в

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

Л.С.Берг и многочисленные сторонники почвенной гипотезы отводят значительную роль в формировании лесосынх макропорам и ветвящимся капальцам-ходам отмершей корневой системы растений. Не менее многочисленные исследователи считают эти макропоры причиной просадочных свойств лесосынх пород. Для проверки этого предположения автором в поле был поставлен следующий эксперимент. В котлованы осаждались ил из размоченных лесов и высушивался до пористости 35-38%. На поверхность ила высевалась степная и полупустынная растительность, которая густым всхровом 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 см<sup>2</sup>, 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 стени корневых ходов. В результате биохимической деятельности корни инкрустируют стени ходов карбонатами солями и частично увеличивают структурную прочность лесов. Многочисленные инженерно-геологические исследования свидетельствуют о том, что фитогенные макропоры при про-

садке не закрываются. Если стеки макропоры не инфильтрованы солями, то такие макропоры обусловливают просадочность лесовых пород и закрываются после просадки.

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

Современные научные достижения отечественной палеогеографии, четвертичной геологии, палеopedологии, криодитологии, мерзлотоведения и грунтоведения дают возможность установить два принципиально важных положения, позволяющих объективно объяснять природу и генезис просадочных свойств лесовых пород.

1. В плейстоценовой истории Советского Союза эпохи лесообразования связаны с перигляциальными зонами следений и общепланетарными поколоданиями климата.

2. В своей геологической жизни лесовые породы неоднократно находились в многолетнем и сезонном мерзлом состоянии, т.е. прошли в процессе формирования стадии криолитогенеза.

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

зания 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 Узбоя и Амудары (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 плеистоценовой истории той зоны Советского Союза достаточно, чтобы утверждать, что лессовые породы сформировались в холодные суровые эпохи, а их просадочные свойства образовались в результате процессов сезонного и многолетнего криолитогенеза. В великий криогенический максимум конца верхнего плеистоцена граница многолетней и глубокой сезонной мерзлоты проходила не по  $45^{\circ}$  с.ш. (9), а практически сплошь покрывала территорию Советского Союза до ее иных границ.

Примером современных многолетнемерзлых лессовых пород могут служить отложения Салентинской межгорной впадины Забайкалья. Следует отметить, что мерзлые оледенельные лессовые породы не обладают тепловой просадочностью в условиях природного давления, для таких же лессовых тоже 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 такир, непросадочный даже при  $P = 2$  МПа.

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

и.я.Денисова не во все эпохи плейстоцена наблюдалось; лесосовыe породы промачивались, теряли просадочные свойства и вновь их восстанавливали в условиях ириодитогенеза. Приведем несколько характерных примеров.

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

2. Высокопросадочные лессы под валунно-галечными промытыми толщами мощностью 26 м в условиях Чуйской межгорной впадины Тинь-Шана по условиям формирования бесспорно свидетельствуют о промачивании лесосовыe пород, деградации и восстановления их просадочных свойств при природных нагрузках.

3. Работы по петрографии лесса В.П.Ананьева, И.П.Лысенко, Г.А.Мавлянова, И.И.Кригера, Я.Г.Баллева и др. констатируют, что типоморфные минералы, особенно сульфаты, галоиды и карбонаты являются вторичными образованием и оформились при замачивании лесса грунтовыми водами в результате интенсивных гидрохимических процессов.

4. Мысленно представим себе схему соотношения террас рек Сырдарья и Чирчик в Притамакентовом районе. Здесь русло и пойма дренируют грунтовые воды в лесосовыe породах голодностепских и тамакентских террас, определяют зоны аэрации и мощности просадочных зон, которые уменьшаются от высоких террас к низким. В свое время голодностепская терраса была поймой реки, ее лесосовыe покровы не обладали просадочностью. Тамакентская терраса в голодностеповое 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 лесосовыe пород. Естественно возникает вопрос, может ли человечество формировать просадочность вновь? Ответ

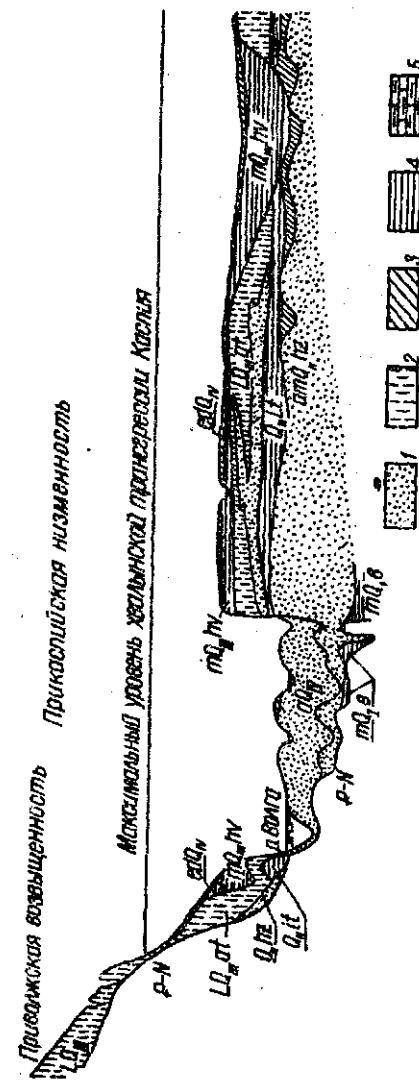


Рис. 4. Схема залегания просадочных алевитовых пород в условиях нижнехвальской морской трансгрессии Каспия.

на этот вопрос находим, например, в таежной зоне Западной Сибири, где лесовые толщи недрессадочны, 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 лесовых пород уменьшилась влажность, увеличилась пористость, сформировалась просадочность при природной и дополнительных нагрузках (левый берег р.Оби, с.Кривошеино, Приобское плато).

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

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

1. Спорово-пыльцевые спектры ташкентских, иланских и голодностепенных лессов на 80-90% состоят из доеоценовых 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 лесовые породы достаточно увлажнены и просадочностью не обладают.

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

На рис. 5 приведен не гипотетический, а реальный график формирования просадочности лесовых пород Средней Азии, построенный по материалам глубоких шурфов и съемок различных организаций. Сплошной линией (AB) показано изменение естественной пористости до глубины 70-80 м. Точки (AE) изображают пористость пород после просадки под природной нагрузкой и характеризует уплотнение породы в соответствии с природным давлением. Из графика ясно, что просадочность обычно повышает на глубине 30 м под давлением 0,45 Мпа, раза - на 40 м при нагрузке 0,65 Мпа при пористости около 38-40%.

На первый взгляд график отвечает принципу недополнительности Н.Н.Денисова. Однако проведенное нами исследование в этот принцип существование теоретические замечания.

Первые же порции осадков любого способа вакуумации при вымывании в ящике, зачастую имеют при статической природной давлении уплотнения при усадке до пористости 32-35% (линия AG). Напомним, что в таком состоянии породы находятся уже при нагрузках 1,5-2,0 Мпа. При такой изначальной пористости в соответствии с принципом Н.Н.Денисова породы могут теоретически проявлять просадочность на глубинах выше 100 м (линия GD), что противоречит реальным природным фактам. Именно значительную усадку при вымывании пылеватых осадков Н.Н.Денисова не учел при созидании своей гипотезы.

При кумогенном воздействии на пылеватый пылеватый осадок формируется пористость породы 50% (точка A), что отвечает плотности природных лесов. Прочные выжигористые породы при увлажнении и промерзании также могут прорегать вынужденную пористость и просадочные свойства (линия ГД).

Таким образом, разуплотнение, выжигористое, просадочное состояние пород может формироваться другим путем.

Г. При сдвиговом промерзании и вымывании путем сублимации льда или испарении влаги при быстрой

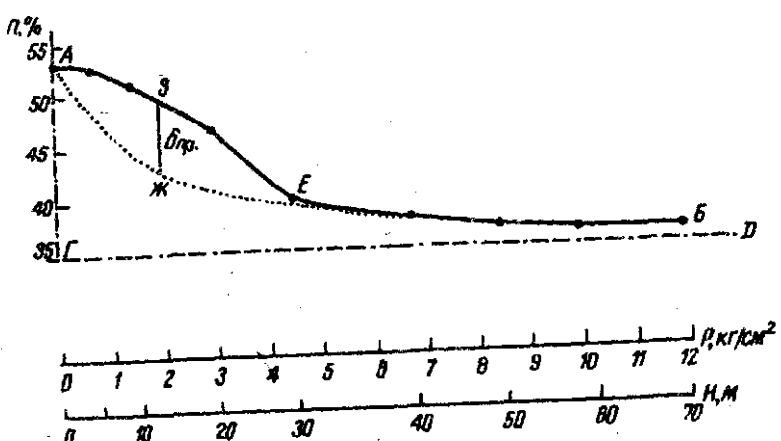


Рис. 5. Принцип формирования просадочных свойств лесовых пород в условиях природного давления.

деградации сезонной и многолетней мерзлоты (сплошная линия АБ).

2. Отложения в своей истории могут накапливаться и в увлажненном состоянии, когда пористость будет соответствовать давлению вышележащих 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 кайнотоценовой 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 "криодельвияльные образования". Широко используется в литературе термин "криодельвияльные 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 "криопроливий", "криодельвий", "криодельвовые 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 хвальинских 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 л ы х ъ 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 лесовых 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 плеистоцене", М., 1973.
9. В е л и ч к о А.А. Природный процесс в плеистоцене. М., 1973.
10. В о р с к и н Л.М., М и н е р в и н А.В. Формирование просадочных свойств лесовых пород юга Западной Сибири в результате промерзания - оттаивания и высушивания. Вестн. МГУ, сер. геолог., 1973, № 2.
11. Г о р е л о в С.К. О ледах перигляциальных образований на юго-востоке Русской равнины. В сб. "Вопросы криологии при изучении четв. отложений". М., 1962.

12. Газай Б.Ф., Иуков В.П. Криогенные формы в лесах Ставрополья. В сб. "Проблемы лесовых пород в сейсмических районах" (Тезисы докладов Всесоюзного совещания, Самарканд, 24-26 сентября 1980 г.). Ташкент, 1980.
13. Горбунов А.П. Итоги и перспективы геокриолого-геоморфологических исследований в Казахстане. Вопросы географии Казахстана, вып.18. География в Казахстане. Алма-Ата, 1980.
14. Горбунова И.А. Палеокриогенные микродинамические структуры Павлодарской области и их роль в почвообразовании. В сб. Криогенные явления Казахстана и Средней Азии. Никитск, 1979.
15. Денисов Н.Я. Природа прочности и деформации грунтов (избранные труды). М., 1972.
16. Добровольский В.В. О природе так называемых "мерзлых клиньев" Казахского мелкосопочника (автореферат доклада). Бюлл.МСИП, сер. геологич. т.36, 1961, № 3.
17. Исмайлахунов К.Х. К вопросу формирования лесовых пород Киргизии. Тр.международного симпоз. по ландшафтной генезисе лесовых пород. т.1, Ташкент, 1970.
18. Киреев А.А. О криогенной природе южнорусского леса. В кн. "Научная конференция Харьковского с/х института" (тезисы докладов), Харьков, 1961.
19. Кожевников А.В. Антропоген гор и предгорий Юга СССР (генетический анализ, стратиграфия, палеогеография и неотектонические аспекты. Автореф.докт. дис., 1979.
20. Кригер Н.И., Копылова В.П. О плейстоценовых "морозных" и "аридных" клиньях в Прибалканье. Бюл.комисс.по изуч.четв.периода АН СССР, 1964, № 29.
21. Кригер 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. Лазаренко А.А., Болиховская Н.С., Семенов В.В. Опыт дробного стратиграфического разделения лесовой формации Приташкентского района. Изв. АН СССР, сер. геол., 1980, № 5.
23. Лазаренко А.А. Погребенные почвы лесовой формации Средней Азии и их палеогеографическое значение. ДАН СССР, т. 252, 1980, № 1.
24. Литвинов А.И. К вопросу о происхождении и закономерностях распространения подземных пустот в лесовидных суглинках р-на г. Красноярска. В кн. "Основания, фундаменты и механика грунтов". М., 1963.
25. Малиновский В.Ю. Вечная мерзлота в Центральном Казахстане. "Природа", 1961, № 8.
26. Минервин А.В. Формирование просадочных свойств лесов из золовой пыли в современных условиях Средней Азии. "Инженерная геология", 1979, № 3.
27. Минервин А.В., Синяков В.Н., Комиссарова Н.Н. Формирование просадочных свойств атальских лесовых пород Прикаспийской впадины в условиях морской хвальинской трансгрессии. В сб. "Проблемы лесовых пород в сейсмических районах (Тезисы докладов Всесоюзного совещания, Самарканд, 24-26 сентября, 1980). Ташкент, 1980.
28. Минервин А.В., Комиссарова Н.Н. Формирование структуры и текстуры просадочных лесовых пород Минусинского межгорного прогиба. "Инженерная геология", 1979, № 1.
29. Москвитин А.И. Плейстоцен Нижнего Поволжья. Тр. ГИНа, вып. 64, М., 1962.
30. Новосельская И.Б. Следы существования многолетнемерзлых горных пород в пределах Европейской части СССР вне области их современного распространения. Тр. Ин-та мерзлотоведения. М., 1961, т. XУ.
31. Павлов А.П. О туркестанском и европейском лесе. В кн. "А.А. Павлов. Статьи по геоморфологии и прикладной геологии". Изд. МОИП, 1951.

32. Попов А.И. Перигляциальные образования Северной Евразии и их генетические типы. В сб. "Перигляциальные явления на территории СССР", М., 1960.
33. Попов А.И., Костяев А.Г. Карты перигляциальных образований Азии, современных и среднеплейстоценовых. В кн. "Вопросы географического мерзлотоведения и перигляциальной морфологии", М., 1962.
34. Попов А.И. О криогенном факторе в формировании лессовых пород. В кн. "Современные экзогенные процессы", ч.2, Киев, 1968.
35. Попов А.И. Криолитогенез, состав и строение мерзлых пород и подземные льды (современное состояние проблемы). Проблемы криолитологии, вып.У, М., 1976.
36. Попов А.И. Криолитогенез и его место в системе литогенеза. Проблемы криолитологии, вып.У, М., 1979.
37. Ремизов Я.И. Перигляциональная аллювиально-золовая формация плеистоцена платформенной части Украины. В сб. "Мат.до изуч.четв.периода Украины (к IX Конгресу *JINQ* ИА, Новая Зеландия, 1973). Киев, 1974.
38. Свисточ А.А. Палеогеография плеистоцена Северной Евразии; региональный анализ, корреляция, синтез (по материалам опорных разрезов). Автореф.докт. дисс., МГУ, 1979.
39. Сиренко Н.А., Молодых И.И. Криогенные образования в субаэральном покрове Украины. Сб. "Научно-методические вопросы инженерно-геологического и гидрогеологического изучения подов и западинного микрорельефа Украины". Киев, Ин-т геологических наук, 1980.
40. Соколовский И.Л. Об ископаемых следах "вечной мерзлоты в четвертичных отложениях западной части УССР. Доповіді АН УРСР, № 4, 1955.

41. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. т.1, М., 1960.
42. Турбин Л.И., Александрова Н.В. О формировании лессовых пород Тянь-Шаня. Тр.международного симпозиума по литологии и генезису лессовых пород. т.1, Ташкент, 1979.
43. Успалев 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.ХIX. 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.ГИНа, вып. 161, М., 1966.
47. Шанцер Е.В., Мижудина 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 промышленной деятельности человека.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бондерик Г. К. "Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород".
2. Бондерик Г. К., Горячев Чук М. И., Мартикин В. Г. "Закономерности пространской изменчивости лессовых пород". М., 1977.
3. Ислямов А. И. "Инженерно-геологическая зонация территории Узбекистана". Ташкент, 1978.

Р.Д.Имазов, А.М.Худайбергенов, М.Н.Шерматов  
ПРИРОДНЫЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ  
В ЛЕССОВЫХ ПОРОДАХ  
(Институт сейсмологии АН УзССР, Научно-промышленное объединение "Узбекгидрогеология")

Длительное господство аридного климата, крупная геоморфо-структурная перестройка в неоген-четвертичное время, неизменное воздействие сейсмических колебаний и хозяйственной деятельности человека - все это определило особенности формирования в горно-складчатых областях Средней Азии эзогенных процессов. Оползни, время, сели, субботы, просадочность широко развиты как в горных, пригорных, так и на равнинных территориях.

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

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

1) закономерности формирования природных процессов в лессовых породах;

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

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

Законыомерности формирования природных процессов в лесных породах. Развитие экзогенных процессов в лесных породах как структурно-неустойчивых, характеризуется инженерным процессом: резкой потерей прочности при этом, сочетанием вертикального сдвигания и горизонтального смещения пород вдоль склона, взаимообусловленностью высокой скорости смещения и широким распространением горноскладчатых областей они характеризуются категорией проявления, поэтому основной проблемой являетсяработка геологических и физико-математических основ разносторонне-временного прогноза развития экзогенных процессов.

Специальность развития процессов в лесных породах их взаимообусловленность, т.е. просадочные явления дают в оползняющей процессе, оползни вызывают разрушения, селей и, наоборот, селевой поток смягляет оползняющий процесс.

Наиболее широко в лесных породах развит оползняющий процесс, который как бы концентрирует в себе просадочные и эрозионные процессы, одновременно являясь очагом оползняобразования, селевых потоков. Эти оползни развиваются очень быстро, когда невозможно построить защитные сооружения, поэтому основная проблема сводится не столько к прогнозированию возможных последствий, сколько к строительство защитных мероприятий над многими поселками, автодорогами и другими объектами в случае случаев экономически не целесообразно, так как в то же время место под застройку выбирается вынужденно. В большинстве случаев имеются значительные возможности макропроектирования. Следовательно, основная задача инженерно-геологического обоснования застройки горных территорий разносторонне-временной прогноз будущих новых оползней, за рекомендаций, отражающих интересы охраны и разумного использования геологической среды.

Пространственное размещение экзогенных процессов (оползней, эрозии, опубозии и др.) тесно связано с определенным сочетанием литолого-тектонических, геоморфологических, гидрогеологических условий склона, благоприятствующими условиями для движения подземных вод и обводнения горных склонов. Наличие разрывных нарушений в сочетании со складчатыми структурами создает сложную гидрогеологическую карту с высокогорными областями питания, движения и разгрузки подземных вод по разломам и подземным ложбинам стока, передко под четвертичным покровом лесовых пород. В местах вымывания в процессе выветривания формируются эрозионные долины 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, типом в масштабе ЭП существует тесная связь. Исследования, проведенные в ГИДРОИНГЕО, позволили выявить несколько схем обводнения горных склонов, являющихся основой прогноза места, типа и масштаба оползняющего процесса.

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

Другой характер смещения имеют оползни скольжения блочного типа, где смещение происходит по двум, трем перекрывающимся склонами без разрыва оплощности между смещавшимися и движущимися частями склона. Они движутся нестационарно медленно, сочетая вертикальные деформации и горизонтальные смещения. Крупные оползни скольжения мощностью 80-95 м, объемом 300-500 млн. м<sup>3</sup> смещаются по зоне контакта с красноцветными глинистыми отложениями. Удаляются города по водоразделам прослоям конгломерата (рис.1). Образовавшиеся краевые стени способствуют выходу на поверхность родников, что благоприятствует интенсивному развию оползневой массы и развитию оползняобразования. В других условиях (Таджикская депрессия) процесс оползняобразования, проходящий в нижних частях склона, в верхней части передко

вызывает развитие крупных (4-5 млн.м<sup>3</sup>) оползневых соров в мощных (40-60 м) пролювиальных, ледниковальных породах.

Овраги широко распространены в лесосовых породах, только в Узбекистане по данным СОИЗНИИСХ они занимают 1000000 га. Большая потеря плодородных земель в предгорных областях происходит от овражной эрозии, занимает площадь в несколько сот тысяч гектаров. Стность лесосовых пород быстро размокать при увлажнении способно размыватьсь под влиянием поверхности, поэтому их максимальное развитие в зоне выпадения осадков на высоте 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 сном. В орошеных зонах Узбекистана оврагообразование ведено около 10 тыс. га.

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

Таким образом, оврагообразование наряду с другими генетическими процессами значительно затрудняет освоение новых массивов и требует специальных инженерно-геодезических исследований.

Помимо связи оползней с оврагообразованием есть случаи перехода оползня-потока в селевой процесс. В случаях, когда оползневая масса перекрывает русло, образуются подпруды и образуются озера, которые впоследствии размывают оползневую массу и совместно с водным потоком составляют селевой поток. В другом случае оползень ссыпается, смещаясь, ударяется в противоположный борт, срезает лесовую породу и при дополнительном увлажнении может переходить в вязко-пластичное состояние, что позволяет

в воде удлиненного потока продвигаться на значительное расстояние (Маварозай - 3,1 км, Каракуль - 3,5 км; Ниязбеков Р.А., 1974). В лесосовых породах часто происходят субфлювиальные процессы, распространенные в районах орошеного земледелия в пределах межгорных и предгорных впадин, по долинам рек и берегам ирригационных водохранилищ (сооружений).

Глубокие эрозионные врезы создают благоприятные геоморфологические условия для проявления субфлювиальных процессов. В свою очередь, субфлювиальные процессы значительно влияют на эрозионные процессы, так как эрозионная форма не имеет большой протяженности и поверхность воды, протекающие по ним, пересекаются субфлювиальными воронками. С субфлюзией в некоторых случаях часто связаны оползневые явления. Обычно проявления субфлювиальных процессов в лесосовых породах не формируют крупных форм; под действием других денудационных процессов (эрозионных, гравитационных и др.) они быстро разрушаются и уничтожаются.

Широко развиты западные блокобразные разнообразного очертания и размера воронки (диаметром до 16 м и глубиной до 8 м), колодцы и пахты глубиной 10 м и более при диаметре 1,0-1,5 м). Субфлювиальные 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 Кокаральской, Дальверзинской, Каршинской степях. Просадочные деформации здесь проявлялись до орошения, преимущественно в результате накопления и инфильтрации атмосферных осадков на отдельных участках равнины. Представлены они просадочными "блодницами",

где амплитуда вертикальной деформации колеблется от до 0,8 м, а разовое опускание измеряется единицами метров, редко превышая 10 см. Они имеют самую разную форму и различные размеры, форма их круглая, эллиптическая, диаметр 5-10 м, в редких случаях достигает 500 м. Малые размеры и ограниченное распространение ложных пород объясняется тем, что поверхности их замачиваются различными части в замкнутых понижениях, отсутствует сток для атмосферных осадков. На больших участках процесс просадочности отмечается при региональном подъеме уровня подземных вод, где деформации пород в стволе разнообразны. Так, в северо-западной части Годской степи за период освоения до 1965 г. величины осадки достигали 0,60 м.

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

Таким образом, выявленные геологические процессы характеризуются уплотнением пород и резкой потерей пропускной способности, незначительными масштабами, но широким проявлением, взаимообусловленностью между процессами.

**Инженерно-геологические процессы, выявленные различными видами строительства.** Большинство известных процессов, особенно в равнинных урбанизованных лесовых провинциях являются инженерно-геологическими, так как они возникают в результате строительства городов, дорог, инженерных сооружений, полива территорий, разработки пород как сырья в карьерах. Инженерно-геологические процессы в большинстве случаев являются основными, сконцентрированными в городах и промышленных центрах, протекают интенсивно, иногда катастрофично (Котлов и др.). Интенсивное развитие процессов в лесовых породах обусловлено также их специальными свойствами: чувствительностью к внешним воздействиям, резкой потерей прочности при увлажнении, легкой размываемостью, 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, субфузия (подземная эрозия), просадка, передработка берегов водохранилищ, повышение уровня грунтовых вод, увеличение влажности и потеря прочности лесовых 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, тяжелотрещинки; б) связанные с вскрытием пород горными выработками — выветривание, осипы, оползни, обрушения, просадки 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, обусловленные условиями строительства и эксплуатации сооружений. С ними связаны многочисленные дебаркации зданий и сооружений и большие материальные затраты. Просадки встречаются в основном в промышленных лесовых 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 строительной, канализационной и водопроводной сетей. В результате длительной замочки стены водами и просадочной деформации обширные площади лесовых массивов значительно уплотнились. Повторяющие просадки преимущественно возникают в условиях внешней нагрузки от веса зданий и сооружений, т.е. при совместном давлении от сооружений и собственного веса толщи. В связи с этим при оценке просадочности и составлении прогнозных карт целесообразно выделить лесовую породу, обладающую собственной просадочностью и просадочностью при различной внешней нагрузке.

В системе древних ирригационных каналов, таких как Бозауйский, Захский, Карабудакский в Праталкентском районе, Даргомский в Самаркандском районе в результате многовековой эрозионно-аккумулятивной деятельности вод сформировались довольно крупные долины с собственными террасами.

Русла этих каналов утратили свое первоначальное значение и постепенно приобрели черты природных водотоков, лишь их стали ареной развития разнообразных процессов: явления (эрозия, осадкообразование, оползьобразование, флюзия, обвалы, заболачивание и др.).

Размеры долин канала в толще лесосырьи пород в Бозской системе достигают 35 м в глубину, 225 м в ширину, Даргомской системе - 25 в глубину, 200 в ширину.

Многие инженерно-геологические процессы в лесосырьи породах приобрели региональный характер распространения и развития. В результате полива обширных территорий и привычного густого разветвления мелкой оросительной сети, происходит площадная инфильтрация поверхностных вод. Среднегодовой объем воды, инфильтрующейся в каналов и полых земель Ташкента и прилегающих к нему 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. Чирчика, 15-20 м в Голодной степи. В связи с этим регионально развиваются также процессы повышения влажности лесосырьи пород.

Эти процессы особенно значительны на территории городов, что обусловлено, кроме подземных, многочисленными утечками воды из канализационной и водопроводной сети, конденсацией влаги под зданиями и сооружениями и затрудненным воздухообменом и теплособменом (1,4). Исследованиями, проведенными в Самарканде (3), установлено, что в условиях сухого климата под зданиями и другими стационарными покрытиями температура пород в среднем понижается на 3-5°C. При такой циркуляции температур возникает конденсация влаги и уменьшение влажности грунтов на 4-5%. По обобщенным данным влажность пород в Ташкенте выше на 7%, в Самарканде на 6%.

связанной с влажностью пород окружающих город территорий. Увеличение влажности лесосырьи пород существенно снижает их несущую способность, увеличивает скимаемость 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 лесосырьи массивов от развития экзогенных процессов, прогнозирование их опасительных сторон имеет важное практическое значение.

Влияние сейсмических колебаний на экзогенные процессы в лесосырьи породах. В литературе широко освещены последствия разрушительных землетрясений, вызывающих крупные оползни и обвалы, не связанные с лесосырьи 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.

Лесосырьи породы относятся к наименее устойчивым при землетрясениях типам глинистых пород. Однако применительно к экзогенным процессам в лесосырьи породах влияние сейсмического воздействия изучено недостаточно. Несмотря на широкое развитие экзогенных процессов в лесосырьи 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.В. Медведева позволили разработать шкалу приращений сейсмической бодливости в зависимости от типа грунтов. С.М. Касымов, И.Ш. Шерматов и др. (2,5,6) под руководством Г.А. Мавлянова, в связи с проведением сейсмического микрорайонирования в районах размещения лессовых пород в результате инженерно-сейсмологических исследований установили максимальные значения приращения бодливости в зависимости от генетического типа лессовых пород, их мощности и абсолютной отметки территории в зоне аквагенного 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 Чаткаль-Кураминской системе структур)

Генетические типы лессовых пород	Территория распространения, абр. отм. м	Мощность лессовых пород, м	Процессы и явления на территории распространения лессовых пород	Приращение бодливости
Флювиогляциальные	Высокогорная часть в пределах абр. отм. 3500-4000 м	0,5-1,5	Заболачивание, оползни	+ 0,8
Элювиальные	Горная и высокогорная части на поверхности дочерних веретенных пород, преимущественно выше абр. отм. 1100-1200 м	0,25-3	Опилкины, поверхность смыкания	+ 0,5

Генетические типы Высокогорная 0,5-100,0 Оползни, об- +I +1,5  
и предгорная ча- части на скло- рагообраз-  
нике, трещи-  
нообразова-  
ние, лесовые  
валы, сели  
и др. отм. 1000-1800 м.

Генетические типы Межгорные впа-0,25-20,0 Оврагообра- 0 + 0,5  
и предгорные долин речных зование, лес-  
долин, преиму- осмы обвалы,  
щественно в сали, сезон-  
прешелах абр. ное заболы-  
отм. 300-1000 м. чивание

Генетические типы В районах пред-до 80-100 Просадка, +I +1,5  
горных промежу- горный  
тальных равнин просадокерст,  
в пределах оврагообра-  
абр. отм. зование, лес-  
300-900 м осый обвал

Генетические типы Территория 0,5-10,0 Просадка, не- +I +2  
древних горо- равномерная  
дов, волнистая осадка  
террасы круп-  
ных каналов и  
аркозов преиму-  
щественно на-  
же абр. отм.  
800-900 м.

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

Разрушающие последствия землетрясения сильно зависят от угла и подхода сейсмической волны к поверхности склона. Наибольшую опасность представляют те очаги землетрясений, из которых сейсмические волны подводят к поверхности под углом 30-60°. В зоне, расположенной вблизи эпицентра, случается обрушение крутых склонов, бортов, саяз, 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 недостаточнуюность вопросов по синеке влияния сейсмических явлений на активизацию экзогенных процессов, изменение прочностных свойств и деформируемости лесовых пород. Параметры лебаний 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., Брашникова И. А., Синан И. К. Город и геологические процессы. М., 1979.
2. Мавлянов Г. А., Шерматов М. Ш. Инженерно-геологические типы четвертичных отложений Чаткало-Кураминских систем структур на изменение сейсмической интенсивности. В со. "Сейсмическое мониторинг", Кизильск, 1979.
3. Постапов Б. А. Экспериментально-теоретическое исследование температурно-влажностных характеристик грунтов оснований зданий и сооружений в условиях жаркого климата. Автореферат канд.дисс., Ташкент, 1974.
4. Худайбергенов А. М. Инженерно-геодинамические процессы и явления на территории Ташкента. 1979.
5. Шерматов М. Ш. Особенности изучения природы сейсмической бальности на территории горно-аллювиальных областей (на примере Чаткало-Кураминских систем структур). Тезисы докл. Всесоюзного совещания по проблемам лесовых пород. Ташкент, 1980.
6. Шерматов М. Ш. Инженерно-геологическая характеристика палеозойских формаций Чаткало-Кураминских систем структур. Ташкент, 1980.

Н.Е.Котельников, В.С.Быков

#### Р И О Н А Л Й Н Ы Е З А К О Н О М Е Р Н О Т И Р А С П R O С Т R A N E N I I I ВОДНОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЛЕСОВЫХ ПОРОДАХ ДИНОРД КАЗАХСТАНА

(ДНИИИС)

В течение длительного времени ДНИИИСом совместно с ДИНОРДом выявляются региональные закономерности просадочности. Это позволило нам, используя фактические материалы ДНИИИС (И.Т.Адиков, Р.А.Гиркенова) проанализировать закономерности распространения воднорасторимых соединений в лесных породах.

Для южного Казахстана установлены стратиграфо-генетические комплексы лесовых пород, распространенные в предгорных, лесо- и среднечетвертичных предгорных ступенях и эзодах, в промежуточных ревнивях, начало формирования которых относится к нижнему плеистоцену, на аллювиально-промежуточных и аллювиально-промежуточных средне- и верхнеплеистоценовых ревнивях и межгорных впадинах, в пределах аллювиальных, озерно-аллювиальных и озерных верхнеплеистоценовых и голоценовых ревнив. Лесовые породы образуют также маломощные островные склонов на плато и дрених пакризах.

Для различных стратиграфо-генетических комплексов был проведен анализ содержания воднорасторимых соединений, в результате которого установлено, что закономерное изменение содержания лесовых пород ревнивых территорий связано с изменением климатической зональности. По В.М.Чупахину (4), ревнивый Казахстан относится к пустынной ландшафтной зоне, которой выделяются северная и южная пустынные подзоны. Южная подзона охватывает пустыни Бетпек-Дале, Южное Приаралье, Чуинкумы, для них характерно повышенное содержание воднорасторимых соединений в почвах и породах. К южной

выраженными генетическими горизонтами. О влиянии почвообразования на лесосланые породы свидетельствует совместное нахождение в них гумуса в рассеянном состоянии в виде точечных вкраплений,  $F_e - M_p$  - гумусовых конкреций, примазок, подтеков и инкрустаций крупных пор. Гумус и карбонатные соли буквально пронизывают лесосланые толщи. По типу исходивших почв можно судить о палеогеографических условиях, господствовавших в межледниковые. Не палеопедологические данные основана стратиграфия лесосланых толщ.

Характерная черта лесосланых пород - недодуплотненность. Отмечались и формировались лесосланые породы в условиях сухого климата, обусловившего образование ниже слоя сезонного изменения температура и влажности непромерзающего горизонта, в котором влажность пород очень мала (до 10%) и практически не изменяется. Независимо от способа осаждения, который, по крайней мере для лесов, был преимущественно волнистым, формирование его в меньшей мере лесосланых пород, происходило при недостатке влаги. Недодуплотненность лесосланых пород влияет структурные связи, сдерживющие процесс уплотнения. Уменьшение пористости препятствует связи, осуществляющиеся солевым цементом и воднокомплексными связями. При уменьшении влажности связь этих связей существенно возрастает. Структурные связи предотвращают нормальное уплотнение лесосланых пород под действием веса отлагавшегося осадка. Поэтому пористость лесосланых пород выше, чем других связанных пород, находящихся под тем же давлением.

Понятие недодуплотненности относительно, оно учитывает взаимосвязь таких факторов, как недрессированное состояние, пористость и естественная влажность. К недодуплотненным относят породы, пористость которых выше пористости пород нормально-уплотненных. Недодуплотненность обуславливает просадочные свойства лесосланых пород.

Лесосланые породы устойчивы и находятся в равновесии с географической средой, при которой формируется непромерзающий (минермидный) горизонт с влажностью пород менее 10%. При более высокой влажности происходит миграция пленочной влаги. Общая влажность лесосланых пород повышается, что вмеш-

М. П. Лисенко

О НАПРАВЛЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕСОСЛАНЫХ ПОРОД  
(Ленинградский государственный  
университет)

В определенные этапы геологической жизни Земли существовали условия, благоприятные для образования лесосланых пород. Лесообразующие породы, отмеченные, например, среди южной триаса и перми, могут рассматриваться как олигогредированние лесосланые породы, значительно отличающиеся от их современных ледогредированных аналогов. Между тем глинистые породы хорошо сохранились и часто встречаются в разрезе осадочной толщи оснований различного возраста.

Лесосланые породы, как и почвы, - обрывкования неустойчивые (эфемерные), геологическая жизнь их непродолжительна. Бездолговы рыхлости и легкой размываемости лесосланые породы подвергаются усиленной денудации и перевалу. Но иногда сильные породы сильно уплотняются и превращаются в гравилю.

Лесосланые породы сходны с почвами, их даже принимают за "недоразвитые" почвы (4). Такая примечательная для лесосланых пород как отсутствие слоистости наименее убедительно объясняется тем, что терригенный материал, изготавливаясь преимущественно волнистым путем, в условиях сухого климата подвергается непрерывному сингенетическому изменению под влиянием почвообразовательных процессов.

Как известно, лесосланые породы приурочены к ледникам эпохам, а исходившие почвы - к межледникам. В межледниковые поступления терригенного материала прекращались, и это становится более гумидным, что способствовало дальнейшему выветриванию и формированию нормальных почв с

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

Присутствие в лесовой толще горизонтов испытываемых почв и следы криотурбаций указывают на то, что влажность лесосових пород иногда повышалась, но незначительно, иначе существенно изменились бы облы и свойства лесосових пород. Мощная толща просадочных лесосових пород - свидетельство субзародильной обстановки, сухого климата и глубокого погружения уровня грунтовых вод.

В природных условиях существует некоторое термодинамическое равновесие между лесосовыми породами и географической средой. Влажность грунтов в пределах непромачиваемого горизонта изменяется очень медленно. Деградация, вызывающая утрату кедупластичности лесосових пород, довольно продолжительна, что позволяет рассматривать ее как геологически равновесный процесс. По этой же причине грунты непромачиваемого горизонта возможно относить к термодинамической замкнутой системе.

При повышении влажности лесосовые породы постепенно "приспособливаются" к изменяющимся условиям географической среды. В последнее время климат стал более гуманным, что вызвало частичную потерю потенциальной энергии и первую деградацию лесосових пород. О более влажном климате в голоцене свидетельствуют следующие факты:

1. Продвижение леса и рту. О наступлении леса на юг свидетельствует нахождение в лесной зоне, например в Кировской и Пермской областях, лесосових пород и реликтов черноземных почв (1).

2. Зональность просадочных свойств лесосових пород (3). Лесосовие породы Русской равнины - зона древних просадок. В настоящее время они способны только к просадке при увлажнении под действием дополнительной внешней нагрузки. Несмотря

так, в лесосових породах зона сероземных почв в Восточном Предкавказье, а также в Средней Азии просадочность проявляется под действием собственного веса увлажненного грунта. В зоне древних просадок лесосовие породы "самоуплотнились" и находятся в состоянии равновесия с географической средой.

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

4. Примером деградации лесосових пород служит так называемые подовые суглинки, сформировавшиеся в условиях избыточного увлажнения в депрессиях рельефа степной зоны (подах, блюдцах и т.д.). Подовые суглинки по простирации переходят в лесосовие породы, которые иногда их могут перекрывать (ископаемые поды).

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

Породы приобретали серовато-зеленую и паструю окраску, в них частично исчезали макропоры, возникали гумусово-железистые и железисто-железистые пленки и конкреции. По сравнению с лесовыми породами подовые отложения характеризуются выщелачиваемостью, более дисперсным и разнородным гранулометрическим составом, повышенной плотностью, влажностью, плотностью, липкостью, набуханием, практически полной недренируемостью.

В последнее время хозяйственная деятельность людей становится основным геологическим фактором. В результате техногенеза в районах разработки лесовых пород уровень грунтовых вод чрезмерно повышен, причем скорость его подъема иногда достигает 1 м/год. Причины подъема уровня грунтовых вод могут быть разнообразны: уменьшение испарения и транспирации первообразной воды и ее конденсации в грунтах на участках застройки, утечка воды из водопроводной и канализационной сети в районах интенсивного гражданского и промышленного строительства, утечка технических вод из предприятий с "искусственным" геологическим процессом, постройка крупных водохранилищ и гидромелиоративное освоение территории. Опыт эксплуатации строительных систем указывает на повышение уровня грунтовых вод в результате половодий.

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

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

1. Окраска переходит от светло-палево-й бурой к пепотравистой и сизовато-серой, характерной для подовых отложений и гравийных горизонтов заболоченных почв.

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

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

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

5. Миграция карбонатных солей вызывает уменьшение карбонатных конкреций и формирование крупных конкреций в нижних лессовых толщах. Количество Ра-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. Челочная и слабощелочная реакция среди 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 зреости (отношение  $Al_2O_3/Na_2O$ ) возрастает, содержание  $CaO$  в форме простых солей и в обменном

комплекс уменьшается, а FeO увеличивается.

9. Дисперность лесовых пород будет возрастать вследствие дезагрегации водонепрочных микроагрегатов и частично-го распада механических и водонепрочных микроагрегатов.

10. Непрочная ("мертвая") горизонт с малой вязкостью пород исчезает.

11. Лесовые породы станут менее размокаемыми, возрастет плотность их слоевин, показатели пластичности, линзо-ти и водно-физических свойств, уменьшится водопроница-емость.

12. Ослабление структурных связей, растворение тончайшей пленки цемента вокруг структурных элементов вызывает в усло-виях непрочного состояния некоторое уплотнение лесо-вых пород, исчезновение их недосущленности и превращение в непросадочные грунты.

13. Сжимаемость лесовых пород возрастет, в сопротивле-ние сдвигу станет меньше, главным образом за счет сцепле-ния (угол сдвига при этом почти не изменится).

14. Инфильтрация воды вызовет некоторые изменения в отно-сительном содержании микроэлементов.

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

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Б е р г Л. С. Лесс как продукт выветривания и почвообра-зования. В кн. "Климат и жизнь". М., 1947.
2. К р и г е р Н. И., А л е к с и н А. С., К о ж е в尼-к о в А. Д., М и н д е ль И. Г. Сейсмические ха-рактеристики лесовых пород в связи с геологическим окружением и техногенезом. М., 1980.
3. Л в с и цы н К. И. О деформациях суглинистых грунтов Предкавказья в связи с вопросом об образовании степ-ных блюдец. Матер. Сев.-Кавк. геол.-развед. трасти, вып. I, 1952.
4. О б р у ч е в В. А. Лесс как особый вид почвы, его генезис и задачи его изучения. Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода, 1948, № 12.

И.В.Финеев, Г.И.Домрачев

#### ИЖЕВСКО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕСОВЫХ ПОРОД ГОРЬКОВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

(Горьковский инженерно-строительный институт имени В.П.Чкалова)

В пределах Горьковского Поволжья (северо-западная часть Приволжской возвышенности) лесовые породы залегают почти сплошным однородным покровом мощностью до 15-20 м. Комплексный подход при изучении геологической обстановки формирования пород и их литолого-петрографи-ческих особенностей позволил расчленить визуально однород-ную толщу на горизонты, установить происхождение лесовых пород и уточнить стратиграфо-генетическую схему (1, 2; табл. I).

Выделено два основных горизонта - верхнеплейстоценовый, золово-делювийского происхождения, и среднеплейсто-ценовый, водного, по-видимому, флювиогляциального образо-вания. Они разделены незадаренной микулинской (мезинской) почвой. В результате обобщения фактического материала раз-работана таблица средних показателей как при естественной влажности, так и на условиях полного водонапыщения (табл. 2).

Верхний горизонт развит практически повсеместно в виде покрова. Для него выявлены особенности пространственной изменчивости свойств (1). По простиранию от водоразделов к водотокам меняется влажность и консистенция пород. На водораздельных участках они маловлажные и твердые, выше по склону влажность постепенно возрастает, переходит в полу-твёрдое, тяж- и мягкоэластичное состояние. Наиболее ув-лажнены краевые части покрова.

В распределении плотности установлено другое законо-мерность. Самые уплотненные разности слагают верхние и

Е.Н.Сквалешки

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

(Таджикский филиал ВНИИГИМ)

При изучении лессовых пород необходимо учитывать комплекс признаков, включая генезис, состав и возраст отложений, геоморфологические условия, современную и географическую среду. Как установил Г.А.Марьянов, в первую очередь необходимо выделить генетические и литологические 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 промывальных лессов, их пористость и просадочность, как и мощность просадочного слоя, варьируют в широких пределах. На периферии шлейфов отмечается иная картина: упомянутые выше 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 индикационными критериями таких признаков как мощность просадочного слоя, относительная просадочность, возможная величина просадки. Кроме того, они часто определяют состав, содержание и ре-

акция 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 наименее высокой террасе (например, на VI террасе р. Пянджа - 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. Наибольшая просадка - 1,6-2-3 м, местами до 2,6-3,0 м - в условиях Таджикистана возможна на водораздельных участках и на склонах предгорных возвышенностей. У подножия склонов, и на высоких частях предгорных шлейфов прогнозная величина просадки от 1,2-1,9 до 2,5 м. На высоких лессовых террасах в долинах рек Пянджа, Вахш, 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 понижений, на дне долин просадка редко превышает 0,15-0,2 м. При оценке просадочности необходимо выяснить, как формировался рельеф, отражавший комплекс генетических факторов. Просадочность не всегда возрастает к высоким элементам рельефа. В северной части Яванской долины, представляющей внешние части предгорного шлейфа, промывальные 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, стимулированы 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 лесосовы породы при коэффициенте  $f = 0,5-0,7$  обычно слабопросадочны, а при  $f$ , близком к единице, теряют просадочные свойства. При прочих равных условиях (состав, влажность, условия залегания) с уменьшением коэффициента увлажнения до 0,2-0,15 степень и величина просадок увеличиваются, что следует учитывать при анализе пространственной изменчивости просадочности, а также при предварительных оценках возможных деформаций.

С увеличением высоты местности и количества осадков возрастает глинистость лесосовы пород, естественная влажность, снижается пористость, содержание солей, просадочность, мощность просадочного 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. Просадочность деловизильно-прозвивильных пород в этих районах на склонах по мере роста осадков снижается вдвое, чем в два раза. Величина деформаций от 2,3 до 0,6 %, возрастает начальная влажность и начальное давление просадки.

Просадочность лесосовы 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 просадка составляет 124 см, а крутизной  $7-10^{\circ}$  - 66 см. При изучении пространственной изменчивости просадочности 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 просадок для них также следует выполнять отдельно.

В понижениях микрорельефа, например, в просадочных блюдцах, просадочность лесосовы пород проявлена. В зависимости от условий микрорельефа можно встретить существенные различия как в мощности просадочного слоя, так и в возможной величине просадки, достигающих 200-300%. При исследо-

вании нужно обязательно учитывать микрорельеф местности и просадочность просадки в зависимости от величины ложников, понижений.

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

А.И.Ильинов, А.Сапаров, К.И.Нурмухаметов

ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ПОРОД МЕТОДАМИ КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

(ТемГИИТИ, Институт сейсмологии АН УзССР)

Как показали работы (1,2), инженерно-геологические условия территории распространения лессовых пород, яенных воздействии естественных и искусственных факторов отличаются друг от друга неизвестно и обычно оценки их изменений не всегда точны.

В статье речь пойдет о выделении территории зальных пород с различными сроками орогенеза в пределах и того же геологического типа, в частности, зальных лессовых пород среднечетвертичного возраста кендрского комплекса. Лессовые породы данного комплекса более характерны для массива Джун в Притяжинском, расположенного в нижнем течении р.Чирчик. Здесь для выделения закономерности изменения показателей инженерно-геологических свойств лессовых пород в связи с различиями выбраны площади: неоромашные-сложенные непросадочные зальные лессовые породы; оримашные-сложенные зальные проявленными и проявленно просадочными зальные породы; и староромашные - с проявленно непросадочными зальным породами.

Срок давности орогенеза или неороменения территории выявляли визуально и по архивным данным. В пределах выделенных участков мощность лессовых пород достигала 20 м и просадочная толща 20 м в зависимости от положения грунтовых вод, меняющегося от 8 до 22,5 м.

Были выделены не основа результатов полевых и лабораторных исследований, опирясь, в основном, на такие показатели как объемная масса, пористость, влажность и относительная просадочность лессовых пород.

Группы лессовых пород по результатам анализов гранулометрического состава в структурном отношении казались однородными.

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

Для эталонных выборок при комплексной интерпретации использованы результаты определения показателей состава и структуры лессовых пород по шурфам, проходным на вышеуказанных участках.

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

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

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

Дискриминатор  $X_0$  рассчитан по формуле

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

где  $m$  - число показателей свойств;

$\bar{R}_{1i}$  - среднее значение  $i$ -того показателя для первой выборки;

Странствующие обломки	Пс	Пл	Мп	М	Всем	Всем	П	Л
Лесо, частично прослан- ные лесосыные породы	0,14		0,53	4,5	3,04	0,95	2,6	4,42
Частично просланые лесо- сные породы просланые по- просодочные лесосыные по- роды	0,074		0,75	0,29	6,16	2,06	5,57	9,51
Лесо, лесосыные породы других лесо-просодочных пород	2,46	0,027	10,06	0,45	0,93	1,60	3,03	13,35
Частично просланые лесосыные породы, дру- гих лесо-просодочных, лесосыные породы	6,93	0,024	6,13	2,99	0,085	0,445	0,35	6,63

то же для второй выборки,

— частное значение  $i$ -того показателя,

— сходные дисперсии  $i$ -того показателя по  
другим выборкам.

Следует отметить, что если лесом и проявленно-просодочными лесосынми породы отличаются друг от друга также, как и показатели как видимость, объемная масса и ворнотость, то частично просланые и проявленно-просодочные лесосыные породы отличаются содержанием песчаных и глинистых частиц, а содержание пылеватых частиц является, разночтно, неизменным. Это объясняется тем, что содержание пылеватых частиц в составе и лесов, и деградированных в результате срываия их различий отстает от следующими же следующими причинами. В результате срываия пылеватые частицы размельчиваются, за счет чего увеличивается содержание глинистых, однако одновременно размельчиваются части пылеватых частиц, которые переходят в состав глинистых. В результате этого содержание пылеватых частиц остается постоянным, а глинистых постепенно увеличивается.

#### Л И Т Е РА Т У РА

1. Мондрик Г. К. Основы теории изменчивости минерально-геологических свойств горных пород. М., 1971.

2. Мондрик Г. К. / и др. / Векономерности пространственной изменчивости минерально-геологических свойств лесосынми пород. М., 1976.

Для сравнения в таблице 4 приведены значения  $\Pi$ , которые используется для предварительной оценки свойств. В соответствии с п.2.15 СНиП Ц-1-85 небуходящими относятся грунты, для которых значение  $\Pi \geq 0,3$ . Анализ приведенных данных показывает, что изменения свойства происходит и при более низких значениях  $\Pi$ , что, вероятно, объясняется влиянием других факторов.

Результаты исследований свойств указывают на необходимость расширения критерия небуходящих грунтов, включая учет дополнительных других свойств, влияющих на характер проявления набухания.

Анализ изложенных данных показывает, что лессосидичные практически непроходочные в ряде случаев могут иметь достаточно высокими небуходящими свойствами, что необходимо учитывать при расчетах оснований зданий и сооружений.

Мамыров З.И., Сидинов В.В.

#### ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ В ПРОЦЕССЕ МЕЛЛАРТИВНОГО ОСВОЕНИЯ ЛЕССОСИДИЧНЫХ ГРУНТОВ

(Институт геологии АН КиргССР)

В зоне меллартинского освоения Чуйской долины Киргизской ССР лессосидичные грунты широко распространены. Их мощность составляет 10-40 м, достигая в отдельных случаях 100 м. Лессосидичные грунты преимущественно верхние и среднечетвертичного возраста, смешанного элювиально-プロлювиального 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  $n$  - плотность, 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 сеткам, в основе которого лежит формула Дарси:  $Q = K_f \omega \ell$ , где  $Q$  - приток воды к дрене,  $K_f$  - коэффициент фильтрации,  $\omega$  - площадь поперечного сечения потока,  $\ell$  - 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 дьеометров (3).

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

К<sub>ф</sub>. Исходя из общей теории сжимаемости грунтов, предположено, что изменение К<sub>ф</sub> - функция изменения  $\chi = \frac{1}{1 + \frac{1}{\gamma}}$  массы скелета и наиболее полно описывается выражением вида  $K_f = \alpha \exp(\beta \chi)$  (2), где  $\alpha$  и  $\beta$  - постоянные коэффициенты.

По данным 130 наблюдений построена корреляционная матрица статистически обработаны результаты лабораторных исследований. Коэффициент корреляции для предложенной зависимости при нормальном распределении исходных данных оказался равным 0,87.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что изменение К<sub>ф</sub> - функция  $\chi$  и описывается выражением (2). Предлагаемая зависимость наиболее полно учитывает уплотнение лессовидных грунтов при их механическом освоении. Использование этой зависимости позволяет получать массовые значения вертикального значения  $\chi$  при объем сжатии зетрат, так как не требует проведения дорогостоящих полевых испытаний и позволяет прогнозировать изменение фильтрационных свойств грунтов при орошении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дукин И. К., Седыков Т. М. Возможность установления связей между коэффициентом фильтрации, пористостью и механическим составом почвогрунтов. Материалы к республиканской научно-практической конференции по вопросам мелиорации и водного хозяйства. Часть I. Фрунзе, 1968.
2. Калинович К. И., Дукин И. К. К вопросу определения К<sub>ф</sub> почвогрунтов, используемого в мелиоративных (бельгийских) расчетах. Вопросы водного хозяйства, вып. 29, Фрунзе, 1974.
3. Дукин И. К. Мелиорация земель в условиях испарения грунтовых вод. М. 1978.

Э.В.Мавленов, И.У.Усманов, А.Н.Инамов

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

(ГИДРОГЕО)

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 вопросами 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 ССР впервые были поставлены региональные исследования с целью изучения изменений инженерно-геологических условий лессовых территорий под влиянием орошения и ирригационно-мелиоративного строительства первой очереди освоения Карлинской стели 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