

Е. Н. СКВАЛЕЦКИЙ

### СВОЙСТВА ЛЕССОВ НА БОЛЬШОЙ ГЛУБИНЕ

(Представлено академиком В. В. Меннером 24 IV 1969)

Мощность лессовых толщ в Средней Азии достигает 100 м и более, однако исследование их состава и свойств до последнего времени было ограничено верхними слоями. В результате бурения на юге Средней Азии автором изучено пять полных разрезов лессов, три из которых приурочены к предгорным районам Юго-Западного Таджикистана: на плато Алимтай, в 35 км к западу — северо-западу от г. Куляба; на плато Ляур, в 30 км юго-западнее г. Душанбе; в предгорьях хр. Каратау, в 28 км южнее г. Курган-Тюбе.

Лессы в районе г. Куляба имеют мощность 143 м и лежат на древне-четвертичных соленосных отложениях кулябской свиты (1). Верхний трехметровый слой соленосных пород представляет собой кору выветривания и состоит из угловатых обломков гипса и каменной соли, скрепленных лессовым цементом. Алимтайский лесс даже в самых глубоких слоях не несет следов влияния нижележащих соленосных отложений, что свидетельствует о безводности лессовой толщи в течение всей истории ее формирования. Состав и свойства лессов здесь такие же, как и в соседних разрезах, где они подстилаются песчаниками, известняками или алевролитами. Лессы на Алимтае представляют собой карбонатизированный алевролит палевого цвета; порода имеет раковистый излом, характеризуется повсеместным отсутствием слоистости и постепенным увеличением плотности книзу. Лишь на глубине 57 и 132 м отмечается слабое подобие маломощных погребенных почвенных горизонтов за счет гумуссированного налета. Начиная с 70—80 м порода приобретает черты, свойственные каменным лессам — высокую плотность, темно-палевую окраску; образец с трудом разбивается молотком.

Аналогичны описанным по внешнему облику лессы из Курган-Тюбинского района, где по всему 168-метровому разрезу они однородны, не содержат прослоев и с глубиной лишь становятся более плотными. Граница между лессами и подстилающими их красноцветными песчаниками резкая, и продукты выветривания коренных пород отсутствуют как на их контакте с лессами, так и в последних.

В целом однородный и монотонный облик лессов вблизи г. Душанбе, подстилаемых на глубине 165,3 м грубообломочными отложениями, нарушается линзой щебенисто-галечных пород в интервале 126,6—135,0 м. Лессовые породы, залегающие ниже этого слоя, — очень плотные, светло-коричневые, загипсованные, слабовлажные; лессы до глубины 126,6 м — однородные, палевого цвета, на глубине 94—102 м и у подошвы слоя содержат многочисленные журавчики.

Во всех трех районах лессовые породы не содержат водоносного горизонта, и лишь на Алимтае на глубине 26—29 м наблюдается увеличение влажности пород до 14%. По всей остальной мощной лессовой толще, включая и глубокие слои, влажность составляет 3,2—8,3%. Судя по другим скважинам, пробуренным в предгорных районах, в дне некоторых понижений, непосредственно на контакте лессов и подстилающих их коренных пород, иногда формируется маломощный (0,5—1,0 м) водонос-

ный горизонт. Таким образом, мощность «мертвого горизонта», залегающего ниже зоны периодического смачивания атмосферными осадками (2), в предгорных районах может превышать 100—150 м и практически быть равной мощности самой лессовой толщи.

По гранулометрическому составу лессы во всех рассматриваемых разрезах весьма однородны как в глубоких, так и в верхних слоях. Так, на плато Алимтай по всей 143-метровой толще содержание пылеватых частиц не выходит за пределы 60,3—78,1%, причем грубая пыль составляет, как правило, около 50%; в районе Курган-Тюбе пылеватых частиц содержится 68,8—86,3%, а глинистых ( $< 0,005$  мм) — в среднем около 11% при колебаниях от 8,1 до 13,6% (дисперсный анализ). Отличия обнаруживаются при проведении микроагрегатных анализов: псевдопылеватость лессов из глубоких горизонтов в 1,3—1,6 раз больше, чем из верхних.

Валовой химический состав лессовых пород характеризуется исключительным однообразием вне зависимости от района их распространения и глубины залегания. Так, в лессах на Алимтае и в Курган-Тюбинском районе, где были исследованы образцы через 10 м, кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ) немногим более половины по весу — от 50,4 до 54,0%, алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 12,6—14,7%, а железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 3,8—5,2%. Во всех трех разрезах количество кремнезема, не выходя из указанных выше пределов, в общем уменьшается с глубиной, а содержание остальных компонентов почти не подвержено изменению. Таким образом, валовой химический состав лессов в глубоких слоях не отличается от залегающих выше пород.

Из воднорастворимых соединений основное распространение имеют карбонаты кальция и магния, которые составляют в сумме 21,8—25,9%, причем глубже 70 м обычно содержание их несколько повышается. Карбонаты, как правило, входят в состав смешанного карбонатно-глинистого цемента, скрепляющего частицы грунта, и лишь в душанбинском разрезе на глубине 94—102 м и на Алимтае на глубине 71—77 м они образуют точечные стяжения и конкреции (журавчики). Содержание гипса зависит от истории формирования лессов. Так, в районах Курган-Тюбе и Куляба, где водоносный горизонт отсутствовал в течение всего периода накопления мелкоземистого материала, гипса содержится не более 1,08%, а обычно около 0,5%. Количество гипса в глубоких слоях, в том числе на подошве лессовой толщи у контакта с подстилающими их глинами и солями, не увеличивается. Лишь в душанбинском разрезе, в формировании нижней части которого участвовали подземные воды, содержание гипса глубже 135 м возрастает в среднем до 2,5%. Как показывают результаты анализа водных вытяжек из лессов, легкорастворимых соединений содержится не более 0,6%, в том числе и в глубоких слоях в районах Куляба и Курган-Тюбе.

Минералогический состав лессов на большой глубине и в верхних слоях почти идентичен.

Минералы тяжелой фракции составляют в сумме 3,5—9,6% от терригенной части породы; их содержание, как правило, с углублением возрастает. Так, на плато Алимтай на глубине от 52 до 140 м содержание тяжелой фракции достигает 8,5—8,7%, главным образом за счет гематита, лимонита и роговой обманки, в то время как количество остальных минералов (турмалин, эпидот, цоизит, сфен, гранат, циркон, актинолит, апатит, ставролит и др.) составляет сотые доли процента, т. е. столько, сколько и в верхних слоях, где минералов тяжелой фракции обычно около 5%. Из минералов легкой фракции основное значение имеют полевые шпаты (30—32%) и кварц (19—30%), а также минералы глин (23—25%) и пелитизированные минералы (до 11%).

Высокое содержание полевых шпатов, в наибольшей мере подверженных выветриванию, а также относительно небольшое количество кварца — продукта их распада свидетельствуют о том, что процессы выветри-

вания в глубоких слоях происходили слабо и не привели к изменению исходного состава. Коллоидная часть лессов, залегающих глубже 50 м, характеризуется иллитово-монтмориллонитовым составом; часто встречается глауконит.

Минералогический состав лессов из глубоких слоев в районе Курган-Тюбе сходен с рассмотренным. Здесь также не обнаруживается резко выраженных признаков выветривания, и лишь в крупных пластинках биотит почти полностью замещен хлоритом. В лессовых породах глубже 135 м в районе Душанбе отмечается наличие вторичного гипса, заполнение его кристаллами пустот от выщелачивания карбонатов, а также прораствание кристаллов друг через друга.

Известным подтверждением однородного минералогического состава может служить очень мало изменяющееся значение удельного веса лессов, составляющее 2,68—2,70 г/см<sup>3</sup>. Удельный вес лессов в алимтайском и курган-тюбинском разрезах глубже 70 м постоянен и составляет 2,69—2,70 г/см<sup>3</sup>. Лишь в районе г. Душанбе наблюдаются меньшие значения, очевидно за счет более высокого содержания в породах гипса.

По распределению плотности в лессовой толще выделяется три зоны. В верхней, до глубины 30—40 м, на фоне общего постепенного увеличения плотности с глубиной наблюдаются отклонения, отражающие цикличность в изменении этого показателя. Эта цикличность объясняется условиями формирования лессовых пород и в каждом разрезе имеет свои особенности. Так, на плато Алимтай объемный вес скелета возрастает от 1,26—1,30 г/см<sup>3</sup> на глубине 0—3 м до 1,52—1,60 г/см<sup>3</sup> на глубине 26—30 м, причем лишь в пяти из 60 изученных образцов наблюдались отступления от этой закономерности. В районе г. Курган-Тюбе такая картина отмечается до глубины 40 м, а отклонения были в каждом втором из 10 изученных образцов.

Следующая зона распространяется до глубины 100—110 м и характеризуется увеличением объемного веса скелета грунта в среднем на 0,03—0,04 г/см<sup>3</sup> на каждые 10 м мощности лессов. Глубже 100 м плотность лессовых пород либо остается почти неизменной (душавбинский разрез), либо увеличивается в среднем на 0,01—0,02 г/см<sup>3</sup> на каждые 10 м глубины (Алимтай, Курган-Тюбе). Плотность пород в последних двух разрезах на глубине 140—160 м достигает 1,90—1,96 г/см<sup>3</sup>, а пористость 27,5—29,3%.

Просадочными свойствами лессовые породы обладают лишь в верхнем 30—40-метровом слое. Это характерно не только для трех рассматриваемых разрезов, но и также для многих других районов Средней Азии.

Компрессионные испытания показывают, что при давлении, учитывающем только лишь вес вышележащих пород, коэффициент относительной просадочности  $\delta_{пр1}$  лессов на глубине свыше 40 м постоянно меньше 0,01—0,005. Лишь в трех из 28 проанализированных образцов с глубины 40—70 м  $\delta_{пр1} = 0,012—0,019$ . Наблюдения за просадочными деформациями, производившиеся вблизи Алимтая, показали, что при подъеме уровня грунтовых вод до глубины 40 м просадок не было и лишь при увлажнении более высоких слоев начались слабые, а затем и более значительные деформации. Следовательно, недоуплотненное по отношению к природному давлению состояние (<sup>3</sup>), которое характерно для просадочных лессов, формируется, существует и может сохраниться в лессах до определенной глубины, ниже которой вследствие давления от веса вышележащих пород лессы теряют просадочные свойства. Это может происходить в условиях аридного климата и полного отсутствия воздействия инфильтрационных или подземных вод в течение всей истории формирования лессовых толщ.

Изложенное позволяет сделать следующие выводы:

1. Мощность лессов в предгорных районах Средней Азии достигает 140—170 м; состав пород на глубине свыше 40 м аналогичен более высоким слоям. Выветривание пород происходит очень незначительно; все свидетельствует о том, что свойства лессов на большой глубине формировались постоянно в аридных условиях и при отсутствии подземных вод (возможно за исключением лессов душанбинского разреза глубже 135 м).

2. Просадочность лессов возникает и существует лишь в определенных условиях аридного климата. В результате воздействия веса от вышележащей толщи лесса глубже 30—40 м даже без увлажнения уплотняются, теряют просадочные свойства и переходят в состояние соответствия плотности природному давлению. Следовательно, формирование просадочных свойств лессов происходит в условиях аридного климата, обеспечивающего непромывной режим в зоне аэрации, и в условиях определенного давления от веса вышележащих пород.

3. Мощность «мертвого горизонта» в предгорных районах Средней Азии фактически равняется мощности всей лессовой толщи и может достигать 150—170 м.

Таджикский институт по проектированию  
водохозяйственных объектов  
Душанбе

Поступило  
25 III 1969

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Б. П. Бархатов, ДАН, 83, № 6 (1952). <sup>2</sup> Н. И. Кригер, Сборн.: Вопр. строительства на лессовых грунтах, Воронеж, 1961. <sup>3</sup> Н. Я. Денисов, Строительные свойства лесса и лессовидных суглинков, М., 1953.