Доклады Академии Наук СССР
1954. Том XCIX, № 4

*ПОЧВОВЕДЕНИЕ*

П. А. КРЮКОВ и Н. А. КОМАРОВА

# ОБ ОТЖИМАНИИ ВОДЫ ИЗ ГЛИН ПРИ СВЕРХВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

*(Представлено академиком И. В. Тюриным 21 VI 1954)*

Изучение явлений, связанных с выделением воды из глин и некоторых других гелей, было нами поставлено в связи с исследованиями состава растворов, пропитывающих почвы, илы и осадочные горные породы. В форме этих растворов находится основная часть вод суши, они играют большую роль в жизни природных вод и в химии земной коры в целом (1). При исследовании почвенных, иловых и горных растворов важное значение имеют данные относительно особенностей их физического состояния, обусловленных воздействием твердой фазы.

В связи с тем, что для выделения растворов из почв, илов и горных пород обычно применяется метод отпрессовывания, представляет интерес исследование зависимости между прилагаемым давлением и равновесной остаточной влажностью. Эта зависимость, характеризующая возможность выделения растворов из объектов с естественной, часто очень небольшой влажностью, может быть использована и при рассмотрении природных процессов отжимания растворов из илов и осадочных пород. Одновременно ею характеризуется взаимодействие твердой и жидкой фаз более полно, чем так называемыми гидрологическими константами почв и грунтов — «максимальной молекулярной влагоемкостью» и «эквивалентом влажности», определяемыми по влажности, остающейся после отжимания или центрифугирования при одних стандартных условиях.

Указанная зависимость должна быть изучена в широком интервале давлений, соответствующем как лабораторным условиям выделения растворов для их анализа, так и природной обстановке. Отпрессовывание растворов из осадочных горных пород в природных условиях происходит не только за счет давления вышележащих слоев, но часто и под влиянием значительно бо́льших давлений тектонического происхождения. Возможно более широкий интервал давлений желателен и для изучения сил, с которыми удерживается вода в гелях, достигающих, по косвенным данным, десятков тысяч килограммов на 1 см$^2$.

Существующие методы изучения компрессионных зависимостей для грунтов предусматривают максимальные давления порядка десятков кг/см$^2$. Имеющиеся данные относительно немногих гелей относятся к давлениям, редко превышающим 1000 кг/см$^2$ (2). Мы исследовали для некоторых почв зависимость между влажностью и давлением отпрессовывания до давлений около 7000 кг/см$^2$ (3), после чего приборы для отпрессовывания были усовершенствованы и интервал давлений расширен до 20 000 кг/см$^2$.

Для давлений до 1000 кг/см$^2$ применялись приборы, сходные с описанными нами ранее (3). Для достижения давлений до 20 000 кг/см$^2$ применялся прибор (см. рис. 1) со скрепленным (двойным) цилиндром из стали ОХН4М, термически обработанной до твердости $R_c = 50$.

Плунжеры готовились из стали РФ1, закаленной до твердости $R_c = 64$. Для каждого давления ставился отдельный опыт. Для уменьшения трения объекта о стенки цилиндра и ускорения процесса толщина отпрессовываемого слоя составляла около 5 мм, причем отжатый раствор выходил через отверстия и в нижнем и в верхнем плунжерах. Все же равновесное состояние в случае объектов с плохой фильтрационной способностью, особенно при максимальных давлениях, устанавливалось медленно, и отдельные опыты длились до 2 мес. Остаточная влажность определялась высушиванием в вакуум-термостате.

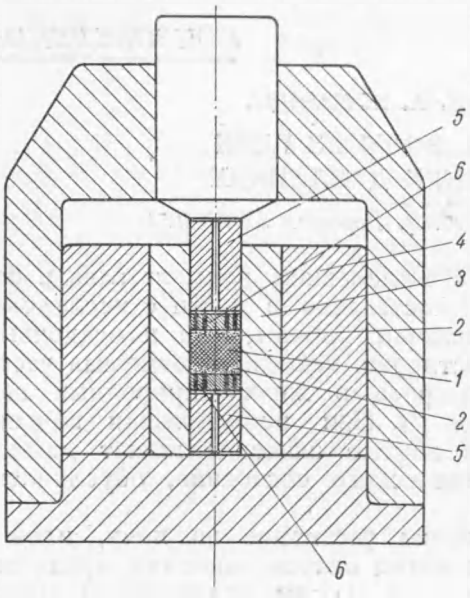



Рис. 1. *1* — грунт, *2* — песок, *3*, *4* — цилиндры, *5* — плунжеры, *6* — решетки

Исследование проводилось на глинах различного минералогического состава: бентоните огланлинском, аскангеле и каолине, а также на некоторых других объектах, в частности на геле кремневой кислоты и крахмале, ввиду того, что даже для этих классических в коллоидной химии гелей почти совершенно отсутствуют данные об их поведении при отпрессовывании в широком интервале давлений.

Результаты некоторых наших опытов представлены на рис. 2 в виде зависимости равновесной влажности, выраженной в процентах по отношению к сухому веществу, от логарифма приложенного давления.

Полученные результаты позволяют различить два основных типа зависимости влажности от давления отпрессовывания. Первый характерен для неорганических гелей: кремневой кислоты и глин. Здесь мы имеем непрерывное уменьшение влажности при увеличении давления, причем для большинства объектов зависимость влажности от логарифма давления близка к линейной. Такого же характера зависимость мы наблюдали для почв ([3]). Для крахмала (а также для исследовавшихся нами агар-агара и торфа) влажность вначале быстро падает по логарифмическому закону, а затем, при достижении давления около 2000 кг/см$^2$, практически перестает уменьшаться. Остаточная влажность для крахмала составляет 30,3%, тогда как связанная вода, вычисленная из теплот набухания, составляет 31% ([4]). Неотжимаемая влага для сфагнового торфа составляет 54% и для агар-агара 30%. Таким образом, только для этой группы объектов выявляется существование неотпрессовываемой части воды. Особое положение занимает аскангель, являющийся, как известно, одним из наиболее гидрофильных среди неорганических гелей.

Найденная зависимость влажности от давления указывает прежде всего на то, что для изученных нами объектов основное значение в удерживании воды имеют физические свойства самой воды в этих системах, обусловленные взаимодействием с твердой фазой, а не механическая прочность скелета, играющая большую роль в теории динамики грунтовой массы. Действительно, неотжимаемая вода обнаруживается в таких объектах (крахмал, торф), для которых невозможно представить себе существование механически прочного скелета. Для неорганических гелей явления структурной прочности проявляются, как известно, даже в разбавленных суспензиях, но в

области высоких и сверхвысоких давлений прочность скелета является, конечно, превзойденной.

Полученные данные необходимо сопоставить с распространенным до сих пор представлением [5] о пленочной влаге как особой категории воды, энергетически резко отличной от свободной влаги. Это представление и основанные на нем методы определения «максимальной молекулярной влагоемкости» уже подвергались критике [3,6,7], однако ими продолжают часто пользоваться. Наши данные для неорганических гелей не обнаруживают никаких особых точек на кривых отжимания, соответствующих максимальной молекулярной влагоемкости, которая является, таким образом, чисто условной величиной. Характеристика гидрофильности твердой фазы по определению равновесной влажности при одном давлении (или одной центробежной силе) может оказаться недостаточной, даже для целей сравнения. Так например, относительная гидрофильность бентонита и аскангеля, оцениваемая по влажности, соответствующей разным давлениям, оказывается различной.

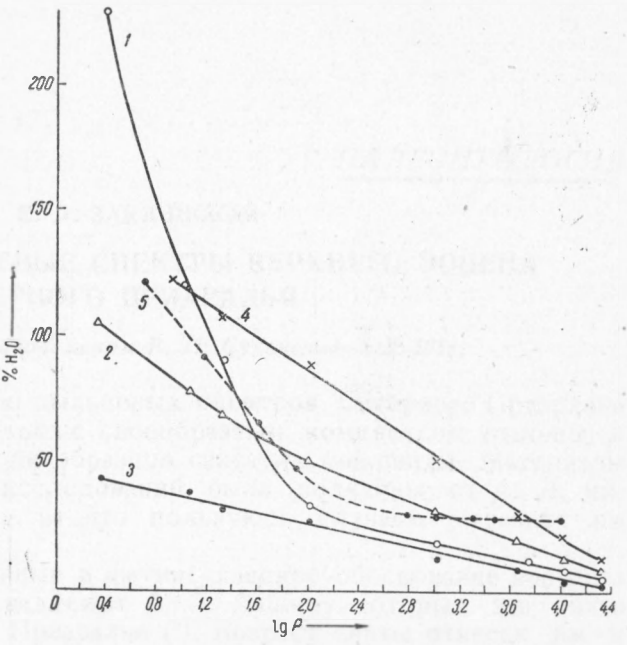



Рис. 2. Кривые зависимости остаточной влажности от давления отпрессовывания. *1* — аскангель, *2* — бентонит, *3* — каолин, *4* — кремневая кислота, *5* — крахмал

Приведенные нами данные, а также наши опыты по отжиманию растворов из разнообразных естественных осадочных горных пород показывают, что горная влага в осадочной толще является динамичным элементом баланса подземных вод. Почти вся влага, захватываемая илами в процессе осадкообразования, может быть отжата из осадочных горных пород в процессе эпигенеза, особенно если эти породы подвергаются давлениям тектонического характера. Это заставляет обратить большее внимание на изучение роли процесса отжимания растворов из осадочных горных пород в генезисе подземных вод. Необходимо также накопление данных относительно зависимости между давлением отпрессовывания и влажностью для естественных грунтов, которые смогут быть использованы в частности для оценки максимальных давлений, которым эти грунты подвергались в процессе эпигенеза.

Поступило
12 III 1954

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. И. Вернадский, История природных вод, 1, в. 1, Л., 1933. [2] Б. П. Брунс, Е. А. Костина, ЖПХ, 8, № 6, 1004 (1935). [3] П. А. Крюков, Соврем. методы исследов. физ.-хим. свойств почв, 4, в. 2, 1947. [4] С. М. Липатов, Г. В. Липатова, Усп. хим., 9, 8, 902 (1940). [5] А. Ф. Лебедев, Почвенные и грунтовые воды, М.—Л., 1936. [6] С. И. Долгов, Исследования подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений, М.—Л., 1948. [7] А. А. Роде, Почвенная влага, М., 1952.