

**МАТЕРИАЛЫ НАУЧНЫХ СОБРАНИЙ**

УДК 631.432

А. А. РОДЕ

**ОБСУЖДЕНИЕ ПРОБЛЕМ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ  
В АМЕРИКАНСКОМ ОБЩЕСТВЕ ПОЧВОВЕДОВ**

В 1971 г. на очередном годовичном собрании американского Общества почвоведов был организован особый симпозиум на тему «Полевой водный режим почв» («Field water regime»).

На симпозиуме было заслушано 11 докладов, изданных в 1973 г. в виде отдельного сборника [7]. Президент симпозиума Р. В. Гроссман (R. V. Grossman) в предисловии к сборнику указывает на три предпосылки, послужившие основанием для организации симпозиума: 1) наличие разработанной физической теории поведения влаги в почве; 2) развитие вычислительной техники, обеспечивающей возможность расчета взаимодействия нескольких переменных; 3) необходимость исследования почвы как объекта загрязнения.

Признавая всю важность этих предпосылок, нельзя не отметить того, что еще более важной предпосылкой является наличие материалов полевых наблюдений, о чем председатель симпозиума не упомянул.

Сборник открывается кратким докладом Г. Смита (Guy D. Smith) «Водные режимы почв и их использование в классификации почв». Смит дает исторический обзор вопроса начиная с трудов В. В. Докучаева, Н. М. Сибирцева и К. Д. Глинки. Упоминается классификация К. Д. Глинки (1914 г.) с разделением всех почв на 6 классов по увлажнению от недостаточно до избыточно увлажненных. Указывается, что в 1921 г. К. Д. Глинка отказался от этой группировки и в основу классификации положил 5 типов почв. Далее Смит рассматривает взгляды К. Ф. Марбута (C. F. Marbut), В. Л. Кубиены (V. L. Kubiena), Ч. Э. Келлога (Ch. E. Kellog), а затем излагает группировку почв по увлажнению, изложенную в дополнении к «Седьмому приближению», в котором различается 7 групп почв по степени увлажнения. Смит указывает, что в советской литературе [6] существует попытка применить в качестве классификационных признаков температурный и водный режимы почв, но окончательного оформления она не получила. Смит заканчивает свой доклад указанием на то, что использование водного режима почв как классификационного признака не нашло своего развития вследствие недостаточного количества точных данных, характеризующих этот режим. В то же время он выражает уверенность в том, что с течением времени такие данные будут накоплены и тогда водный режим почв может быть использован в их классификации. С сожалением следует отметить, что Смит в своем докладе не упомянул классификации водных режимов почв, предложенной Высоцким [1].

Второй доклад А. Клюта (А. К. Klute) посвящен теории потока влаги в почве и приложению этой теории в полевых условиях. В этом докладе излагаются основы теории движения влаги в почве, основанной на классическом уравнении Дарси, в том современном математическом выражении, которое она приобрела за последнюю четверть века. Мы не будем рассматривать уравнения, в которых выражается указанная теория; так как они подробно изложены во многих советских монографиях [5, 4, 2 и др.]. Отметим, однако, что Клют ограничивает применение уравнений движения влаги в почве двенадцатью условиями, в том числе такими, как жесткость (ригидность) скелета почвы, малая концентрация почвенного раствора, изотермичность, изотропность, и указывает на то, что данная теория потока влаги в почве строго применима лишь к идеальной среде. Он перечисляет и конкретные явления, наблюдаемые в почвах в природной обстановке, которые препятствуют приложению этой теории: анизотропность, неоднородность почв, их неизотермичность, несмачиваемость, наличие заземленного воздуха, трещин, щелей и ходов червей, набухание и усадка, биологические явления (корни и микроорганизмы) и наконец гистерезис.

В заключение Клют отмечает, что теория потока, разработанная на основе уравнения Дарси, даже в условиях лабораторных экспериментов не всегда дает удовлетворительные результаты. Тем более это относится к почвам в естественном залегании, где нередко наблюдаются значительные и даже резкие отклонения от теории. Ценным дополнением доклада Клюта является приложенная к нему библиография новейшей литературы по вопросам теории движения почвенной влаги, включающая 130 названий.

Третий доклад Р. Д. Джексона (R. D. Jackson) содержит результаты очень интересных экспериментальных исследований суточного хода влажности поверхностного 0—9 см слоя почвы в процессе иссушения после полива. Влажность измерялась послойно через 1 см. Были проведены две серии наблюдений: с получасовыми интервалами в течение 16 дней в марте и с часовыми интервалами в течение 7 дней в июле. В докладе приводится расчет потоков влаги на разных глубинах в разные моменты времени. Опыты Джексона весьма поучительны с точки зрения понимания механизма испарения и вызываемого им передвижения влаги в почве. В своих выводах автор отмечает несоответствие наблюдаемых явлений классическому представлению о трех стадиях испарения, а также невозможность прямого приложения теории потока почвенной влаги к фактическому ее передвижению в поверхностном слое почвы.

Четвертый доклад Э. Р. Лемона, Д. У. Стюарта, Р. У. Шоукрофта и С. Э. Дженсена (E. R. Lemon, D. W. Stewart, R. W. Showcroft, S. E. Jensen) посвящен определению величины эвапотранспирации (ЭТ) с помощью почвенно-растительно-атмосферной модели (ПРАМ). Математическая модель, основанная на принципе сохранения энергии, разработана с использованием большого материала полевых опытов. Модель представляет собою призму приземного слоя воздуха высотой от 1 до 4 м, опирающуюся на поверхность почвы. Эта основная модель дополняется несколькими вспомогательными субмоделями: листовой поверхности, травостоя сельскохозяйственной культуры и др. Эти субмодели схематизировались в форме системы кривых: зависимости фотосинтеза от интенсивности освещения, транспирации от температуры, скорости ветра и поглощения света от высоты травостоя и т. д.

ПРАМ проверена экспериментально на установках, дающих возможность измерять одновременно на многих высотах над поверхностью почвы температуру и влажность воздуха, концентрацию в нем  $\text{CO}_2$ , скорость ветра. Получаемые данные позволяют рассчитывать составные элементы энергетического баланса (фотосинтез, транспирация, теплообмен), в

котором источником энергии является солнечная радиация. Авторы в своих выводах отмечают значение предлагаемой методики для оценки отдельных параметров в контролируемых условиях, что неосуществимо в обычной природной обстановке.

Пятый доклад Дж. Боума и Дж. Андерсона (J. Bouma, J. L. Anderson) посвящен вопросу о связи между структурным состоянием почвы и ее влагопроводностью. Микроструктуру изучали на искусственно приготовленных образцах смесей почвенного материала из гор. В-3 пылевато-иловатого суглинка с различным количеством песка. Первичную, вторичную и третичную структуры (терминология Бруэра) изучали на четырех монолитных образцах, взятых из разных почв с хорошо развитой макроструктурой. В обоих случаях в тонких шлифах измеряли диаметр пор и подсчитывали их число. Кроме того, определяли водопроницаемость, водоудерживающую способность и кривые зависимости влажности от давления. По последним был определен суммарный объем пор различного диаметра. Результаты исследований позволили создать модели почвенных структур. Показано, что каналы и плоские пустоты (щели и трещины) оказывают значительное влияние на влагопроводность почвы, насыщенной влагой. Расчет такой водопроницаемости, сделанный на основании учета вертикальных плоских пустот при допущении их непрерывности, дал результаты, близкие к величине влагопроводности, определенной непосредственно. В системах с порами, поперечник которых варьирует, влагопроводность определяется диаметром наиболее тонких пор. Физические методы определения влагопроводности, по мнению авторов, проще и дешевле, чем ее расчет, основанный на изучении параметров порового пространства.

В шестом докладе Д. Э. Миллера (D. E. Miller) рассматривается вопрос о влиянии слоистости почвенного профиля на водоудерживающую способность почвы и ее водопроницаемость. Каких-либо новых закономерностей, помимо тех, которые были когда-то установлены Лебедевым [3], в докладе не содержится.

Седьмой доклад К. Г. Гербеля и Л. Г. Джиля (C. H. Herbel, L. H. Gile) называется «Полевой водный режим и морфология некоторых почв сухих территорий в Нью-Мексико». В докладе излагаются результаты 10-летних наблюдений над режимами влажности почв на опытной территории Джорнада, находящейся на южной границе штата Нью-Мексико между долиной р. Рио-Гранде и горным массивом Сан Андрес. Опытная территория охватывает участки подгорного плато, конусы выноса и приречную равнину. Средняя температура января  $4^{\circ}$ , июля —  $26^{\circ}$ . Среднегодовая сумма осадков равна 220 мм, а среднегодовая испаряемость достигает 2250 мм. Грунтовые воды залегают на глубине 90—125 м.

Влажность почвы измеряли 2—3 раза в неделю с помощью гипсовых блоков на глубинах 10, 25, 40, 60, 90 и 120 см. При подсчете водного баланса осадки с суточной суммой менее 6,3 мм (вероятно, 1/4 дюйма, А. Р.) не учитывали, как неэффективные. На некоторых участках, где источником почвенной влаги были не только осадки, но и воды поверхностного стока, влажность измеряли одновременно на открытой площадке и на площадке, огороженной металлическим кольцом диаметром 3 м, заглубленным на 15 см, исключающим поступление поверхностных вод.

Режим влажности каждого из семи наблюдательных участков охарактеризован средними за 10 лет суммами эффективных осадков и числом тех дней, когда на глубинах установки гипсовых блоков потенциал влаги находился в пределах от 0 до —15 бар. Иными словами, режим влажности охарактеризован числом тех дней, когда на данной глубине имелась продуктивная влага. Кроме того, приведены коэффициенты корреляции между годовыми суммами осадков и числом дней с указанной влажностью на каждой глубине.

Просмотр приведенных данных показывает, что по терминологии Высоцкого [1] из 7 участков 6 характеризуются водным режимом непромывного типа, так как потенциал влаги на глубине 120 см лишь в редких случаях и в течение небольшого числа дней в году превышал —15 бар. И только на одном участке на указанной глубине потенциал влаги превышал —15 бар в течение всего теплого полугодия, а иногда и всего года. Именно на этом участке урожай естественной растительности достиг 30 ц/га, в то время как на остальных участках он колебался от 0,2 до 10,0 ц/га.

В заключение авторы подчеркивают большое влияние рельефа, микрорельефа, гранулометрического состава и строения почвенных профилей на водный режим почв, в силу чего их оценка только по суммам осадков может быть ошибочной.

Восьмой доклад Р. Б. Даниэлса, Э. Э. Гэмбла и С. У. Буоля (R. B. Daniels, E. E. Gamble, S. W. Buol) посвящен изучению и динамике окислительно-восстановительных условий в почвах аквульт и удульт. Эти почвы образуют комплекс, сопряженный с микрорельефом с относительно колебанием высот около 1 м. Почвы удульт занимают повышенные участки, а почвы аквульт — пониженные. Глубина грунтовых вод во первых колеблется около 2 м, во вторых — около 1 м и менее. Результаты наблюдений за концентрацией кислорода в грунтовых водах представлены в форме изоплет до глубины 3 м. Для почв аквульт характерными оказались восстановительные условия (ион  $Fe^{2+}$  устойчив). Но если эти почвы насыщены влагой до поверхности, то в верхнем полуметровом слое возникают окислительные условия (устойчив ион  $Fe^{3+}$ ). В почвах удульт восстановительные условия могут возникать на глубине 2 м и более, но на короткое время. Авторы отмечают, что их исследование подтверждает предположение о том, что серые пятна в профиле почв сопряжены с возникновением восстановительных условий, предупреждая, однако, что эти пятна могут быть и реликтовыми.

Девятый доклад К. Р. Амермана (C. R. Ammerman) называется «Гидрология и почвоведение». Он не содержит каких-либо экспериментальных данных и имеет целью привлечь внимание гидрологов к закономерностям, управляющим поведением воды в почве, которыми располагает почвоведение. Понимание этих закономерностей необходимо для гидрологов, поскольку почва является необходимым компонентом большинства гидрологических систем. Указывается, что в гидрологии могут широко использоваться такие характеристики почв, как кривые зависимости потенциала влаги и влагопроводности от влажности, кривые инфильтрации, величины влагоемкости и т. д. Могут быть использованы также карты почв, составленные по гидрофизическим свойствам последних. С другой стороны, и почвоведы могут почерпнуть многое из гидрологии поверхностных вод.

В десятом докладе У. Л. Наттера (W. L. Nutter) «Влияние почвенной влаги на ход гидрологических явлений на возвышенных плато» рассматривается вопрос о влиянии почвы на формирование ливневого стока. Отмечено, что в большинстве случаев при наличии растительного покрова все осадки впитываются почвой. Лишь часть их появляется в руслах водотоков, образуя ливневой пик стока, в то время как большая часть остается в почвенно-грунтовой толще в качестве динамического запаса. В определенных условиях может создаваться подповерхностный сток, который вызывает появление второго пика на гидрографе после первого, возникшего во время ливня. Рассмотрено несколько схематических моделей, иллюстрирующих вышесказанное.

Последний одиннадцатый доклад У. Байера и А. Р. Мака (W. Baier, A. R. Mack) посвящен применяемым в Канаде методам характеристики почвенного климата по режимам температуры и влажности почв и составления карт почвенного климата.

Выделяется семь температурных классов по следующим признакам: 1) средняя годовая температура почвы на глубине 50 см; 2) длительность вегетационного периода с температурами воздуха выше 5°; 3) длительность теплого периода с температурой воздуха выше 15°; 4) наличие многолетней мерзлоты на глубине более 50 см; 5) сумма температур почвы за вегетационный период на глубине 50 см.

В некоторых классах предусмотрено более дробное деление по различным признакам из числа названных выше.

По влажности почв выделяется 10 подклассов по следующим признакам: дефицит влаги в вегетационном периоде, содержание влаги и климатический индекс.

Поясним, что величина дефицита влаги  $D$  вычисляется по формуле:

$$D = 2,01 + 0,259 (PE - P) + 0,0075 (PE - P)^2,$$

где  $PE$  — расчетная величина испаряемости за сезон,  $P$  — сумма осадков за сезон. Все величины выражаются в см водного слоя и относятся к вегетационному сезону.

Климатический индекс вычисляется по формуле:

$$CMI = \frac{P_s}{P_s + SM + IR_s} \cdot 100,$$

где  $CMI$  — индекс,  $P$  — сумма осадков за вегетационный сезон,  $SM$  — запас влаги в начале вегетационного сезона,  $IR$  — потребность в орошении или дефицит, рассчитанный по вышеприведенному уравнению или исходя из текущих метеорологических данных.

К докладу приложены две мелкомасштабные карты Канады — по температуре и влажности почвы.

Заканчивая на этом нашу рецензию, отметим прежде всего тот факт, что большинство докладов, входящих в рецензируемый сборник, по своему содержанию не соответствует его названию и не относится к «полевому водному режиму почв». Исключениями являются третий доклад (Джексона) и отчасти седьмой (Гербеля и Джиля), хотя в нем водный режим охарактеризован весьма схематично. Восьмой доклад (Даниэльса и Буоля) посвящен режиму не влаги, а содержания кислорода в почвенно-грунтовых водах. Темы остальных докладов касаются отдельных элементов водного режима почв. Несомненно очень большой интерес представляет одиннадцатый доклад Байера и Мака о классификации и картировании климата почв в Канаде. Этот вопрос заслуживает рассмотрения в особой рецензии, составленной с более полным использованием канадских литературных источников.

Таким образом, мы можем констатировать тот факт, что изучение водного режима почв в США находится пока на самой начальной стадии развития. Заслуживает внимания вывод, сделанный в докладе Клюта о том, что современная детально развитая и математически описанная теория поведения влаги в почве непосредственно к явлениям, наблюдаемым в почвах в природной (полевой) обстановке, неприменима.

#### Литература

1. Высоцкий Г. Н. О глубокопочвенном (полнопочвенном) почвоведении. Почвоведение, 1934, № 6.
2. Глобус А. М. Экспериментальная гидрофизика почв. Л., 1969.
3. Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. М.—Л., Изд. АН СССР, 1936.
4. Нерпин С. В., Чудновский А. Ф. Физика почвы. «Наука», 1967.
5. Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге, т. 1. Л., Гидрометеоздат, 1965.
6. Розов Н. Н., Иванова Е. Н. Классификация почв в СССР. Почвоведение, 1967, № 3.
7. Field Soil water Regime. SSSA Special Publication № 5 published by the Soil Sci. Soc. of Amer., Madison, 1973.

Почвенный институт  
им. В. В. Докучаева

Поступила в редакцию  
8.XII.1976 г.