

## ГИДРОЛОГИЯ

М. И. ЛЬВОВИЧ

### О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТОВ ИЗМЕНЕНИЙ ПИТАНИЯ РЕК ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ

(Представлено академиком А. А. Григорьевым 10 VIII 1950)

Оценка ожидаемых изменений режима рек под влиянием мероприятий Стalinского плана преобразования природы имеет большое практическое значение, так как эти изменения должны учитываться при планировании использования водных ресурсов и при проектировании гидротехнических сооружений.

В оценке ожидаемых изменений питания рек подземными водами, а следовательно, изменений меженного режима рек не существует единого мнения. Некоторые авторы<sup>(1, 2)</sup> считают, что вся или большая часть воды, задержанной почвами лесонасаждений и полей травопольных севооборотов, пойдет на питание подземных вод. В прошлом<sup>(3, 4)</sup> существовало мнение о том, что лесонасаждения в степях снижают ресурсы подземных вод.

Противоречивость таких суждений являлась следствием отсутствия достаточно обоснованной методики количественной оценки изменений питания подземных вод. Ясность в этот сложный вопрос можетнести балансовый метод анализа явлений гидрологического режима.

Валовое увлажнение почвы за год  $W$ , которое можно определить по разности между годовым количеством осадков и поверхностным стоком, имеет две статьи расхода: испарение  $E$  и просачивание воды, вглубь за пределы слоя активного водообмена  $U$ . Количество воды, просачивающейся вглубь и расходуемой на питание подземных вод, которые в свою очередь питают реки, можно приблизенно определить путем анализа (расчленения) графиков ежедневных расходов воды в реках.

Критерием физического состояния почво-грунтов в пределах слоя активного водообмена, характеризующего количество воды, просачивающейся вглубь за пределы этого слоя и питающей подземные воды, может служить общий коэффициент питания подземных вод  $K_u$ , определяемый по отношению  $K_u = U/W$ .

В условиях степных и лесостепных районов Европейской части СССР количество воды, расходуемой с поверхности на питание подземных вод, в среднем за год колеблется в пределах от нескольких миллиметров на юге до 40—50 мм на севере. Наиболее распространенные значения среднего годового питания рек составляют 10—30 мм. Эти величины показывают, что питание подземных вод и питание рек подземными водами составляют незначительную часть водного баланса, так как не превышают 2—3% годовой суммы осадков на юге и едва достигают 10% на севере лесостепных районов. Тем не менее значение этого источника питания рек весьма велико вследствие его

устойчивости, а также потому, что он является почти единственным источником питания рек в период межени, когда вода представляет наибольшую хозяйственную ценность.

Коэффициент питания подземных вод зависит от физических свойств почво-грунтов в пределах слоя активного водообмена, от гидро-геологического строения бассейна реки и от испаряемости с поверхности почвы, под которой понимается потенциальная возможность испарения при полном насыщении почвы водой. Роль первых двух факторов не требует особых пояснений. Следует лишь указать, что под слоем активного водообмена почво-грунтов понимается слой, в пределах которого имеющаяся вода в результате капиллярного поднятия, движения парообразной влаги или, наконец, под действием корневой системы растений может быть израсходована на испарение или транспирацию. Вода, поступающая вглубь за пределы этого слоя, уже

предохранена от испарения, поскольку уровень постоянных подземных вод в степных и лесостепных районах, как правило, находится глубже.

Для пояснения роли испаряемости в питании подземных вод на рис. 1 приведена схематическая зависимость испарения  $E$  и питания подземных вод  $U$  от валового увлажнения почвы  $W$ , аналогичная кривой, ранее предложенной Э. Ольдекопом (5) для анализа полного годового стока рек в зависимости от осадков. При малых значениях  $W$  почти вся почвенная вода расходуется на испарение, поэтому питание подземных вод ничтожно мало, за исключением случаев легко проницаемых почво-грунтов

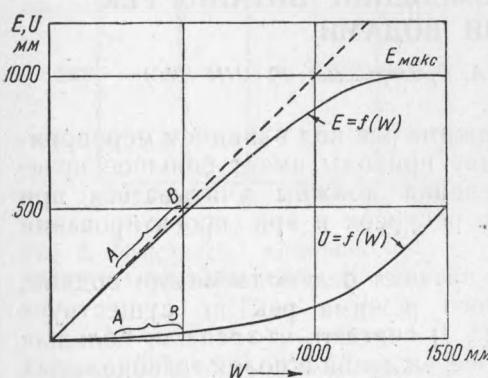


Рис. 1. Схема зависимости испарения  $E$  и питания подземных вод  $U$  от валового увлажнения почвы  $W$ .  $AB$  — участки кривых для степных и лесостепных районов Европейской части СССР

тов в пределах всего слоя активного водообмена (например, карст).

С увеличением валового увлажнения почвы возрастает испарение и питание подземных вод, но при  $W < 800 - 1000$  мм увеличение испарения происходит быстрее, чем увеличение питания подземных вод. Это видно из самих значений общего коэффициента питания для речных водосборов степных и лесостепных районов, где увеличение подземного питания происходит пропорционально  $0,01 - 0,10$  увеличения валового увлажнения почвы. Изменение испарения характеризуется общим коэффициентом испарения  $K_e = 1 - K_u$ , который для этих районов составляет  $0,90 - 0,99$ .  $K_u$  и  $K_e$  в указанных пределах на рис. 1 характеризуют собой угловые коэффициенты кривых для степных и лесостепных районов.

Большое значение  $K_e$  и малое  $K_u$  в степных и лесостепных районах вызвано тем, что испаряемость с почвы, достигающая  $800 - 1200$  мм, значительно превосходит действительное испарение, составляющее здесь  $230 - 470$  мм. Большие потенциальные возможности испарения создают условия, при которых основная масса почвенной воды расходуется на испарение и лишь незначительная часть успевает просочиться вглубь и достигнуть уровня подземных вод.

Совсем другое соотношение существует между испарением и питанием подземных вод при больших значениях валового увлажнения почвы, приближающихся к испаряемости или превосходящих ее. Испаряемость есть предел возможного испарения, поэтому при большом валовом увлажнении почвы кривая  $E = f(W)$  асимптотически

приближается к испаряемости. В этих условиях кривая  $U=f(W)$  приобретает угол наклона в  $45^\circ$ , другими словами, при достижении испарением своего максимума каждый дополнительный миллиметр воды, увлажняющей почву, полностью расходуется на питание подземных вод.

По этой причине при больших значениях валового увлажнения почвы общий коэффициент питания подземных вод сильно возрастает. Так, в условиях степных и лесостепных районов при  $W$  равном, например, 1300 мм, питание подземных вод достигло бы значения порядка 350 мм, а  $K_u$  — порядка 0,3. Это гипотетический случай, но аналогичные примеры можно найти по материалам фактических наблюдений. Например, для одного из швейцарских водосборов <sup>(6)</sup> валовое увлажнение почвы по приближенным подсчетам составляет 1175 мм при  $E=675$  и при  $U=500$  мм. Отсюда  $K_u=0,43$  и  $K_e=0,57$ . Следовательно, в данном случае почти половина воды, увлажняющей почву, расходуется на питание подземных вод. Столь большой коэффициент питания подземных вод является следствием того, что фактическое испарение здесь близко к максимальному.

Из изложенного видно, что валовое увлажнение почвы и максимальное возможное испарение являются хорошими критериями для оценки питания подземных вод и что примененная схема позволяет оценить размер питания подземных вод как одного из элементов водного баланса.

Для применения этой схемы к расчетам изменений питания рек подземными водами под влиянием лесонасаждений необходимо установить, как изменится валовое увлажнение почвы. Увеличение валового увлажнения произойдет за счет задержания поверхностного стока почвами лесонасаждений и полей травопольных севооборотов и за счет увеличения осадков. Если увеличение валового увлажнения почвы обозначить через  $\Delta W$  и принять значение общего коэффициента питания подземных вод  $K_u$  для современных условий, то увеличение питания рек подземными водами  $\Delta U$  выразится следующим равенством:  $\Delta U = K_u \Delta W$ . В действительности для будущих условий общий коэффициент питания должен измениться. Изменение  $K_u$  по мере увеличения  $W$  прежде всего вытекает из самых зависимостей  $E=f(W)$  и  $U=f(W)$ , которые носят криволинейный характер, что, на основании изложенного выше, имеет определенный физический смысл и может быть установлено по эмпирическим данным. Необходимо, однако, установить, не изменятся ли кривые под влиянием комплекса мероприятий Стalinского плана. В случае таких изменений применение для условий будущего эмпирических кривых  $U=f(W)$ , полученных по материалам, характеризующим современные условия, будет не обосновано.

Рассмотрим поэтому причины и пределы возможных изменений характера кривых. Физические свойства почво-грунтов в пределах слоя активного водообмена, повидимому, достигающего нескольких метров, не могут измениться сколько-нибудь существенно. Изменение физических условий почвы на участках, занятых лесонасаждениями, и под влиянием травопольной системы земледелия, главным образом, относится собственно к почве и почти не распространяется на материнскую породу. В результате существенно изменятся условия впитывания воды почвой, что учитывается при оценке задержания поверхностного стока и входит в значение увеличения валового увлажнения почвы ( $\Delta W$ ). Условия же фильтрации воды через толщу грунтов в пределах слоя активного водообмена, очевидно, не изменятся или изменятся настолько мало, что практически могут не учитываться. Более существенные изменения кривых могут произойти под влиянием изменений условий испаряемости с почвы. В настоящее время

установлено, что испаряемость или потенциальные возможности испарения под влиянием ветрозащитного действия полезащитных лесонасаждений уменьшается на 20—30%. Это означает, что верхние части кривых должны соответственно измениться. В нижней же части кривые, очевидно, останутся практически без изменений. Основанием для такого предположения является то обстоятельство, что при существенном уменьшении испаряемости и непродуктивного испарения в условиях травопольного земледелия и полезащитного лесоразведения продуктивное испарение сельскохозяйственных культур увеличивается и служит одним из основных средств обеспечения высоких и устойчивых урожаев. На это направлен ряд агрономических приемов; в этом также заключается основная роль полезащитных лесонасаждений<sup>(7)</sup>. В целом, благодаря уменьшению непродуктивного и увеличению продуктивного испарения, валовой расход на испарение с почвы сохранит свой вес в водном балансе сельскохозяйственных полей без существенных изменений. На этом основании можно полагать, что кривыми зависимостей  $E = f(W)$  и  $U = f(W)$ , построенными по эмпирическим материалам для современных условий, в пределах нижних частей, можно пользоваться и для условий будущего после осуществления государственного плана лесонасаждений.

Изложенный прием позволяет оценить ожидаемые изменения питания подземных вод и, следовательно, питания рек подземными водами.

По приближенным подсчетам увеличение питания подземных вод в центральных черноземных областях достигнет величин порядка 8—12 мм в год, или около 30% величины современного питания подземных вод. Отсюда следует ожидать соответствующего увеличения водности рек в период межени.

Изложенный способ рассматривается как схема, требующая дальнейшего развития, что возможно путем учета сезонных колебаний валового увлажнения почвы и коэффициентов питания подземных вод. Необходимы также экспериментальные исследования баланса подземных вод и почвенно-грунтовой влаги в слое активного водообмена.

Государственный гидрологический  
институт

Поступило  
17 VII 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Г. Ф. Басов, Научн. тр. Воронежск. лесохоз. ин-та, **10**, 27 (1948). <sup>2</sup> А. Н. Семихатов, Гидротехника и мелиорация, **2**, 10 (1949). <sup>3</sup> Г. Н. Высоцкий, Соц. лесн. хоз. и агромелиорация, **1**, 4 (1932). <sup>4</sup> П. В. Отоцкий, Грунтовые воды, 1905. <sup>5</sup> Э. Ольдекоп, Об испарении с поверхности речных бассейнов, 1911. <sup>6</sup> А. Engle, Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand Gewässer, Zürich, 1919. <sup>7</sup> М. И. Львович, Тр. ГГИ, **23** (77), 3 (1950).