

Б. И. КУДЕЛИН

**НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО СТОКА  
НА ГИДРОГРАФЕ РЕК**

*(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 23 IV 1951)*

Произведенные нами исследования режима подземного стока из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой<sup>(1)</sup>, установили закономерность стока подземных вод в речную систему ниже уреза реки. Это позволяет наметить новые принципы выделения подземного стока на гидрографе рек, поскольку режим стока в реку источников, выходящих выше уреза реки (из водоносных горизонтов, не имеющих гидравлической связи с рекой), нетрудно установить непосредственными наблюдениями.

Нами установлено, что режим подземного стока из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой, обладает общими чертами в любых бассейнах. Этот режим тесно связан с режимом самого поверхностного водотока. При повышении уровня воды в реке происходит уменьшение гидравлических уклонов и расходов подземного потока в реку. В восходящей стадии весеннего половодья образуются обратные гидравлические уклоны грунтового потока и происходит инфильтрация речных вод в берега. При спаде половодья, вскоре после прохождения его пика, когда уровень в реке быстро падает, зеркало грунтового потока вновь приобретает наклон к реке и начинается обратный сток в реку инфильтрующейся в берега речной воды. Явления инфильтрации речных вод в берега в восходящей стадии половодья и возврат их в реку при спаде половодья мы называем береговым регулированием поверхностного стока<sup>(2)</sup>. Опыт показал, что общая продолжительность берегового регулирования поверхностного стока занимает время, равное приблизительно общему периоду весеннего половодья.

Таким образом, в нисходящей стадии половодья из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой, стекают в реку грунтовые воды, накопленные в берегах за счет инфильтрации речных вод, а не вод атмосферных осадков, поступающих на уровень грунтовых вод на площади питания (распространения) водоносного горизонта и формирующих основные запасы грунтовых вод. Но этот грунтовый сток по его происхождению и той роли, которую он занимает в круговороте влаги на земле, следует относить не к подземному, а к поверхностному стоку, претерпевающему в процессе стока (берегового регулирования) лишь трансформацию: поверхностный сток — подземный сток (отрицательная и положительная фазы) — поверхностный сток.

Гидрологическая сущность берегового регулирования именно и состоит в том, что поверхностный сток, сформированный за счет талых снеговых вод и жидких атмосферных осадков, уже поступивших (дошедших) склоновым стоком до поверхностного водотока, благодаря взаи-

модействию с берегами (руслом) и грунтовыми водами прибрежной зоны временно теряется для поверхностного стока, инфильтруясь в берега и превращаясь (трансформируясь) в грунтовые воды (отрицательный подземный сток), сохраняется (аккумулируется) в берегах всю первую (восходящую) стадию половодья (благодаря подпору от высоких вод в

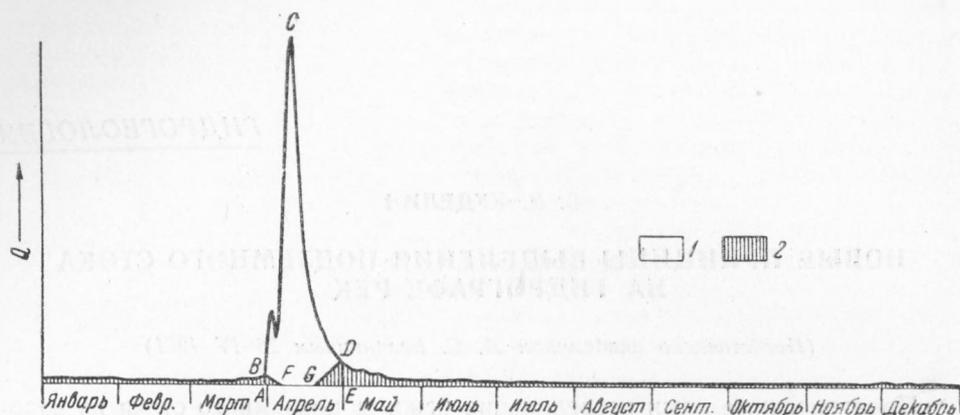


Рис. 1. Гидрограф р. Б. Черемшан у г. Мелекесс за 1940 г. 1 — поверхностный сток, 2 — грунтовый сток

реке) и вскоре после прохождения пика половодья вновь поступает в реку, снова превращаясь в поверхностный сток и увеличивая тем самым

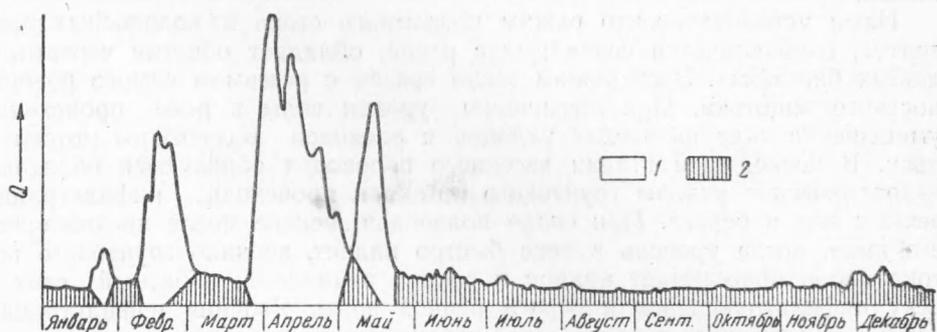


Рис. 2. Гидрограф р. Десны у с. Голубея ( $F = 4770 \text{ км}^2$ ) за 1939 г. 1 — поверхностный сток, 2 — грунтовый сток

водоносность реки на спаде половодья. Таким образом, в результате берегового регулирования часть поверхностного стока, идущая на инфильтрацию в берега, стекает более замедленным темпом. Вместо того чтобы стечь в первую (восходящую) стадию половодья, эти воды стекают во вторую (нисходящую) стадию половодья, т. е. в процессе берегового регулирования происходит лишь перераспределение поверхностного стока внутри самого весеннего половодья, приводящее к трансформации гидрографа в более плавную кривую, без притока в речную систему грунтовых вод из гидравлически связанных с рекой водоносных горизонтов с внутренних частей бассейна.

Изложенное выше позволяет сделать вывод, что подземное питание рек за счет основных запасов подземных вод бассейна в периоды высоких уровней в реках резко сокращается. Для рек, где основным источником подземного питания служат воды из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой, подземное питание при подсчете водно-

го баланса половодья можно принимать равным нулю. При этом следует, конечно, учитывать размер бассейна и пространственные закономерности развития подземного стока. При достаточно большом бассейне и определенных условиях развития половодья в замыкающем створе могут проходить подземные воды, дренированные в верхних частях бассейна, в то время, когда в створе измерительной станции подземный сток отсутствует. Это легко рассчитать, если имеются данные о начале и окончании половодья в верховьях бассейна и о скорости добегания воды. Покажем это на примере р. Б. Черемшан, в бассейне которого развит один основной горизонт грунтовых вод, имеющий хорошую гидравлическую связь с рекой.

Река Б. Черемшан в створе Мелекесс имеет площадь водосбора  $F = 11\,780 \text{ км}^2$ . Гидрограф за 1940 г. приведен на рис. 1. Подземный сток в межень отделяем от половодья вертикальными прямыми *AB* и *DE*. Половодье началось 30 марта одновременно во всем бассейне. С этого момента подземное питание прекратилось, но грунтовые воды, поступившие в русло до 30 марта, будут стекать из верховий вниз по реке вместе с паводочной волной. Скорость добегания, рассчитанная по прохождению пика половодья, равна 34 км/сутки. Расстояние *L* от верховьев до створа Мелекесс равно 313 км. Следовательно, грунтовые воды будут стекать в течение 9 суток и из самых отдаленных частей бассейна пройдут замыкающий створ 8 апреля (точка *F*). Снижение расхода грунтовых вод, проходящих Мелекесс транзитом, будет происходить по прямой *BF* (см. рис. 1).

Половодье окончилось в створе Мелекесс 29 апреля, а в верховьях 11 апреля. С 11 апреля в речную сеть в ее верховьях стали поступать грунтовые воды за счет основных запасов грунтовых вод в бассейне. Они достигнут расчетного створа через 9 дней, т. е. 20 апреля (точка *G*) или на 9 дней раньше, чем началось подземное питание в низовьях бассейна. Нарастание подземного стока будет происходить по прямой *GD* (см. рис. 1). К 29 апреля береговое регулирование поверхностного стока закончится по

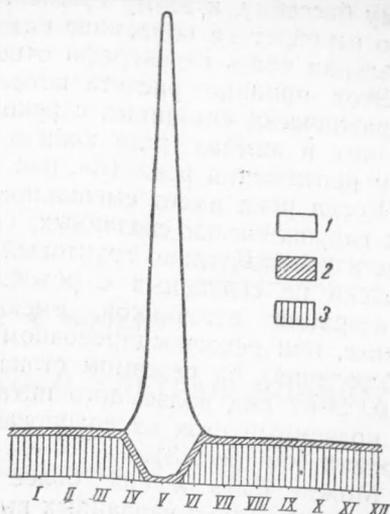


Рис. 3. Схема выделения подземного стока на гидрографе реки при смешанном грунтовом питании. 1 — поверхностный сток, 2 — грунтовый сток из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой, 3 — грунтовый сток из водоносных горизонтов, не имеющих гидравлической связи с рекой

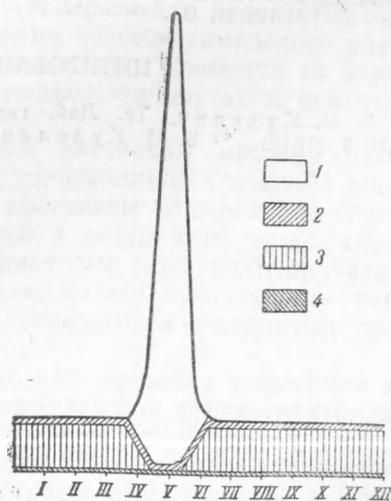


Рис. 4. Схема выделения подземного стока на гидрографе при смешанном грунтовом и артезианском питании реки. 1 — поверхностный сток, 2 — грунтовый сток из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой, 3 — грунтовый сток из водоносных горизонтов, не имеющих гидравлической связи с рекой, 4 — артезианский сток из восходящих источников, питаемых артезианским водоносным горизонтом, не имеющим гидравлической связи с рекой

всему бассейну, к этому времени закончится и талый сток и река полностью перейдет на подземное питание. Паводки в 1940 г. отсутствовали и остальная часть гидрографа относится к подземному стоку (см. рис. 1).

Этот принцип расчета подземного стока из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой, применим и для интенсивных летних, осенних и зимних (для южных рек) паводков, если они отмечены на всем протяжении реки (см. рис. 2).

Когда река имеет смешанное грунтовое питание, из грунтовых вод, как гидравлически связанных, так и не связанных с рекой, необходимо учесть дополнительно грунтовый сток из водоносных горизонтов, гидравлически не связанных с рекой. Такой учет можно произвести путем регистрации источников, имеющих выходы выше высоких уровней в реке, при рекогносцировочном обследовании бассейна и стационарных наблюдениях за режимом стока источников, или по литературным данным. Этот вид подземного питания на гидрографе реки накладывается на подземный сток из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой (см. рис. 3).

Может быть и еще более общий случай, когда река питается и грунтовыми (двух указанных выше видов) и артезианскими водами. Для простоты предположим, что артезианский сток осуществляется из восходящих источников, питаемых напорным водоносным горизонтом, гидравлически не связанным с рекой, и не имеет заметных колебаний дебита в течение года. Тогда схема расчленения гидрографа реки по генетическим видам питания будет иметь следующий вид (см. рис. 4).

В зависимости от гидрогеологических условий бассейна следует применять ту или иную схему выделения подземного стока на гидрографе реки.

Московский государственный университет  
им. М. В. Ломоносова

Поступило  
16 III 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Б. И. Куделин, Тр. Лаб. гидрогеол. пробл. им. Ф. П. Саваренского АН СССР, 5 (1949). <sup>2</sup> Б. И. Куделин, ДАН, 71, № 1 (1950).