

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Б. И. КУДЕЛИН

**УРАВНЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО СТОКА (ПИТАНИЯ) РЕК  
В ОБЩЕМ ВИДЕ**

*(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 18 X 1947)*

Рассматривая гидрологические и другие методы подсчета объема подземного стока рек, мы убедились в их недостаточности<sup>(1,2)</sup>. Причиной неудовлетворительности методов следует считать стремление исследователей решить вопрос о подземном стоке по всему бассейну реки в целом без предварительного изучения условий подземного питания по отдельным частям бассейна. Вместе с тем наблюдается стремление исключить из анализа гидрогеологические условия бассейнов рек, миновать стадию кропотливого изучения закономерностей стока вод из отдельных водоносных горизонтов, принимающих участие в формировании подземного стока реки. Применяя графический метод решения задачи путем расчленения гидрографа общего стока реки, построенного для замыкающего створа, гидрологи допускали тем самым усреднение условий подземного питания реки по всему бассейну. Это, вообще говоря, нельзя признать правильным, если принять во внимание разнообразие климатических, гидрологических и гидрогеологических условий, существующих в бассейне реки. Такой обобщенный подход к решению задачи не позволил исследовать природу подземного стока рек и вскрыть основные закономерности, управляющие механизмом стока. Вследствие этого многие, весьма существенные стороны явления, как, например, режим стока из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой (дренируемых речным руслом), распределение подземного стока в годовом цикле и др., остались неизученными.

При современном уровне развития гидрологии и гидрогеологии нельзя удовлетвориться столь схематическим решением вопроса. Дальнейший прогресс в изучении подземного стока рек возможен лишь с переходом от графических методов изучения к физическим, вскрывающим закономерную связь явлений. Иначе говоря, назрела необходимость переходить от методов определения подземного стока рек путем графического расчленения гидрографа общего стока реки к построению гидрографа подземного стока.

Решение последней задачи возможно на основе детального изучения режима стока всех категорий подземных вод, принимающих участие в подземном питании реки.

Закономерность стока из отдельных водоносных горизонтов, дренируемых речной долиной, определяется условиями залегания и питания водоносного горизонта, т. е. его типом (грунтовый, артезианский потоки) и положением мест разгрузки (выходом на дневную поверхность) по отношению к урзу реки. Различие указанных условий приводит к различному распределению подземного стока в году из

разных водоносных горизонтов, т. е. к его разнофазности. Так, нисходящие источники грунтового питания, выходящие выше уреза реки, имеют форму гидрографа, схожую с формой гидрографа речного стока. Различие заключается лишь в некотором смещении фаз вправо по оси времен (запаздывание) по сравнению с гидрографом поверхностного стока. Режим стока из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой (с свободной и напорной поверхностями), имеет, как показали наши исследования, прямо противоположную направленность фаз стока, т. е. максимуму поверхностного стока соответствует минимум стока подземных вод этой категории, и наоборот. В свою очередь восходящие источники, питающиеся водами глубоко залегающих артезианских водоносных горизонтов и выходящие выше уреза реки, не обнаруживают колебаний дебита, характерных для описанных выше категорий подземного стока. Из изложенного ясно, что от соотношения долей отдельных элементов подземного питания реки будет зависеть форма гидрографа подземного стока.

Разнофазность подземного стока, обуславливаемая различными условиями питания и разгрузки отдельных водоносных горизонтов в речную дрену, осложняется асинхронным развитием основных гидрологических событий в бассейне. Для такой реки, как Волга, например, весенний максимум в верховьях отмечается на 1—2 и более месяцев раньше, чем в нижнем течении; то же относится и к наступлению устойчивой летней межени, началу ледостава и пр. Для водоносных горизонтов, режим стока которых зависит от режима реки, асинхронность в развитии гидрологических процессов сопровождается асинхронным развитием подземного стока, т. е. смещением его фаз в различных частях бассейна. Последнее обстоятельство вызывает необходимость изучения подземного стока в однородных гидрологических условиях, разбивая общий бассейн реки на частные, более мелкие бассейны.

Из изложенного следует, что найти универсальный, обобщенный показатель, или коэффициент, или критерий динамики подземного стока для всего сколько-нибудь значительного бассейна реки, а тем более для всех рек вообще, как это пытаются сделать некоторые гидрогеологи<sup>(3)</sup>, не представляется возможным.

Исходя из сказанного и руководствуясь классификацией подземного питания рек<sup>(1)</sup>, составим уравнение подземного питания (стока) реки в общем виде, применительно к одному ее участку (частному бассейну):

$$W_y = W_r + W_a + (-W_o), \quad (1)$$

или

$$W_y = w_{гв} + w_{го} + W_a + (-W_o), \quad (2)$$

где приняты следующие обозначения:  $W_y$  — подземное питание (в целом) по участку реки;  $W_r$  — грунтовое питание;  $w_{гв}$  — верхнее (сезонное) грунтовое питание;  $w_{го}$  — основное или собственно грунтовое питание;  $W_a$  — артезианское питание;  $W_o$  — отрицательное подземное питание (река питает водоносные горизонты).

В свою очередь категории  $w_{го}$  и  $W_a$  по признаку гидравлической связанности водоносных горизонтов с рекой, что влияет на динамику их стока (форму гидрографа), подразделяются на гидравлически связанные ( $w_{го}^*$ ,  $W_a^*$ ), гидравлически несвязанные ( $w_{го}^{**}$ ,  $W_a^{**}$ ) и имеющие периодическую связь с рекой ( $w_{го}^{***}$ ,  $W_a^{***}$ ), т. е.

$$w_{го} = w_{го}^* + w_{го}^{**} + w_{го}^{***} \quad \text{и} \quad W_a = W_a^* + W_a^{**} + W_a^{***}.$$

Тогда уравнение (2) переписывается в виде:

$$W_y = w_{гв} + w_{го}^* + w_{го}^{**} + w_{го}^{***} + W_a^* + W_a^{**} + W_a^{***} + (-W_o). \quad (3)$$

Подземное питание (сток) всей реки (бассейна реки) ( $W$ ) равно:

$$W = W_{y,1} + W_{y,2} + W_{y,3} + \dots + W_{y,n}, \quad (4)$$

где  $W_{y,1}, W_{y,2}, W_{y,3}, \dots, W_{y,n}$  — подземное питание (сток) по отдельным участкам реки.

Из уравнений (3) и (4) видно, что определение подземного питания по реке в целом представляет собой сложную задачу. Она может быть решена последовательным рядом операций, порядок которых диктуется уравнениями (3) и (4).

Таким образом, гидрогеологически обоснованный подсчет объема подземного стока реки может быть произведен не путем расчленения гидрографа общего стока реки, как это делается до сих пор, а путем построения гидрографа подземного стока реки. Общий гидрограф подземного стока реки может быть построен только после того, как построены гидрографы по отдельным участкам реки, составляемые в свою очередь из гидрографов отдельных элементов подземного стока.

Такой подход к решению задачи принципиально отличен от других, применявшихся ранее, и несомненно значительно сложнее. Однако, несмотря на его сложность, это вместе с тем и единственный путь к тому, чтобы получить правильное научно обоснованное представление о количестве подземных вод, находящихся сток через речные системы. В каждом конкретном случае задача может значительно упрощаться. Необязательно, например, наличие всех элементов подземного питания по участку реки, которые входят в уравнение (3). Отдельные элементы стока могут отсутствовать или составлять такую незначительную часть в общем подземном стоке реки, которой можно, без большого ущерба для точности расчета, пренебречь. Именно, с учетом такого упрощения задачи и должна производиться разбивка реки на участки. Это последнее требует знания гидрогеологических условий бассейна реки.

Главная трудность решения задачи в том виде, как она выдвигается нами в этой работе, заключается в изучении режима и подсчете объема подземного стока из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой (дренируемых руслом реки). Разумеется, это изучение не может быть основано на непосредственных измерениях расхода подземного потока, как в случаях с источниками.

Некоторые предложения по решению данного вопроса содержатся в нашей более ранней статье (2).

Изучение бассейнов рек на основе принципов, изложенных выше, позволит произвести районирование рек по типам подземного питания. В основу типов должна быть положена форма гидрографа подземного стока реки. Такое районирование в значительной степени упростит дальнейшие исследования в области подземного стока рек, актуальность которых далеко выходит за рамки интересов гидрогеологической науки.

Поступило  
18 X 1947

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Б. И. Куделин, ДАН, 52, № 1 (1946). <sup>2</sup> Б. И. Куделин, ДАН, 55, № 5 (1947). <sup>3</sup> Ф. А. Макаренко, ДАН, 57, № 5 (1947).