

Б. И. КУДЕЛИН

## БЕРЕГОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 6 I 1950)

Гидрогеологические методы, примененные нами к исследованию подземного питания рек (4), позволили выяснить некоторые вопросы, связанные с оценкой регулирующей роли подземного стока в водном режиме рек. Эти вопросы не нашли еще в гидрологии удовлетворительного разрешения, несмотря на их большое значение для гидрологических расчетов и прогнозов.

Наибольшие затруднения в оценке подземного стока возникают в периоды наличия поверхностного питания рек, главным образом в паводки и половодья. Мы рассмотрим этот вопрос на примере трех весьма различных по гидрологической характеристике рек: Волги в нижнем течении ( $F = 1\,264\,000\text{ км}^2$ ), Оки в верхнем течении ( $F = 59\,400\text{ км}^2$ ) и Казанки в нижнем течении ( $F = 2660\text{ км}^2$ ), т. е. большой, средней и малой рек.

Режим подземного стока изучался методом построения гидрографов единичных расходов подземного потока по отдельным створам рек.

Гидрогеологические условия створов по всем трем рекам были различны: а) на Волге водоносный горизонт, мощностью не менее 150—170 м, был приурочен к пермским и каменноугольным трещиноватым известнякам и доломитам; б) на Оке водоносный горизонт, мощностью 12—14 м, развит в аллювиальных отложениях и трещиноватых известняках и мергелях упинского яруса; в) на Казанке водоносный горизонт, мощностью примерно 50 м, заключен в песчано-суглинистых аллювиальных отложениях и в песчаниках, известняках и доломитах казанского яруса.

Все указанные выше водоносные горизонты имеют хорошую гидравлическую связь с рекой, и их режим тесно связан с режимом рек. Результаты вычислений единичных расходов подземного потока по створам в сопоставлении с кривыми уровней рек и подземных вод приводятся на рис. 1, 2 и 3. Такие построения были выполнены нами и по другим рекам и все они имели вид, аналогичный приведенным в этой статье.

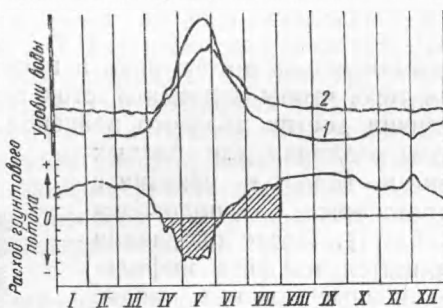


Рис. 1. Совмещенный график кривых колебаний уровня воды в Волге (1) и подземных вод (2) и гидрографа единичного расхода подземного потока за 1939 г.

Рассмотрение графиков (рис. 1, 2 и 3) выявляет вполне закономерную картину развития подземного стока в реки из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой. В общих чертах эта закономерность сводится к следующему. Наблюдается полная зависимость режима подземного стока от режима рек. Повышению уровня в реках соответствует уменьшение гидравлических уклонов и расходов подземного

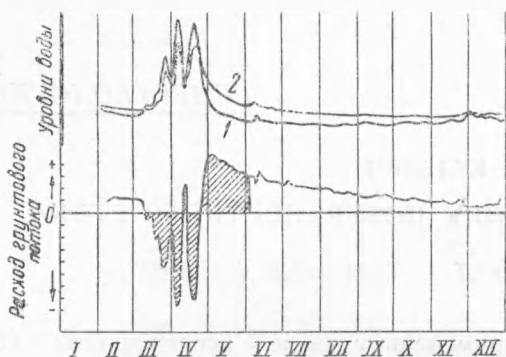


Рис. 2. Совмещенный график кривых колебаний уровня воды в Оке (1) и грунтовых вод (2) и гидрографа единичного расхода подземного потока за 1936 г.

ного половодья до его пика и некоторое время после пика, достаточное для того, чтобы подземный сток от своих максимальных отрицательных величин достиг нулевого значения. Продолжительность отрицательной фазы различна для разных рек и годов и связана с характером половодья (табл. 1). После окончания отрицательной фазы инфильтрационные речные воды, накопленные в берегах реки во время первой фазы половодья, начинают стекать в реку, увеличивая поверхностный сток.

Если исходить из предположения, что приблизительно все инфильтрационные воды должны снова вернуться в реку, то по гидрографу подземного стока можно определить время, в течение которого воды, временно потерянные для поверхностного стока, возвращаются в реку. Рассмотрение рис. 1, 2, 3 и табл. 1 показывает, что время, нужное для возвращения инфильтрационных вод в реку, примерно равно времени отрицательной фазы подземного стока.

Явление инфильтрации речных вод в берега во время восходящей стадии половодья и возврат их в реку при спаде половодья мы называем береговым регулированием поверхностного стока. Общая продолжительность берегового регулирования поверхностного стока занимает время, равное приблизительно общему периоду весеннего половодья. Таким образом, в течение половодья из водонос-

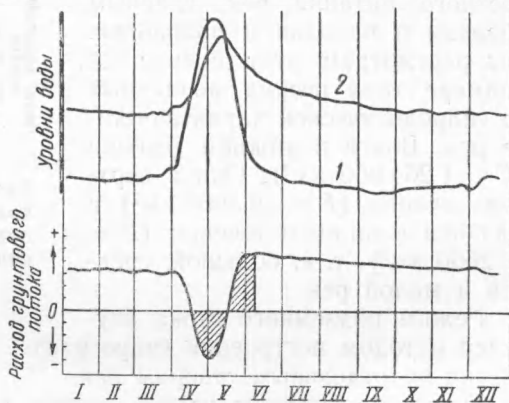


Рис. 3. Совмещенный график кривых колебаний уровня воды в Казанке (1) и грунтовых вод (2) и гидрографа единичного расхода подземного потока за 1939 г.

Таблица 1

Данные о регулирующей роли подземного стока

Река	Год	Отрицательная фаза подземного стока			Возврат инфильтрационных речных вод в реку			Общая продолжит. периода берегового регулирования поверхностного стока в днях	
		дата начала	дата окончания	продолжит. в днях	дата начала	дата окончания	продолжит. в днях		
Волга, нижнее течение . . .	1939	12 IV	5 VI	54	6 VI	1 VIII	56	110	
Ока, верхнее течение . . .	1936	9 III	10 IV	} 43	11 IV	13 IV	} 39	82	
		14 IV	24 IV		25 IV	2 VI			
		17 III	5 IV	19	6 IV	21 IV	16		35
		1938	22 III	2 IV	11	3 IV	16 IV		14
Казанка, нижнее течение .	1939	16 IV	16 V	30	17 V	8 VI	23	53	

ных горизонтов, гидравлически связанных с рекой, непосредственный сток в реку грунтовых вод не происходит. Это 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 грунтовые воды из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой, подземное питание, при подсчете водного баланса половодья, можно принимать равным нулю. При этом следует, конечно, учитывать размер бассейна и пространственные закономерности развития подземного стока. При достаточно большом бассейне в замыкающем створе будут проходить подземные воды, дренированные в верхних частях бассейна.

Потери поверхностного стока на инфильтрацию в берега на 1 км протяжения реки в весеннее половодье по исследованным рекам представлены в табл. 2. Данные по Волге характеризуют средние величины потерь поверхностного стока на инфильтрацию в берега на протяжении 700 км течения реки и получены по методу, описанному в другой работе (1). Инфильтрация по Оке и Казанке подсчитана на основе расчета по отдельным створам. Само собой разумеется, что данные о потерях

Таблица 2

Данные о потерях поверхностного стока на инфильтрацию в берега во время весенних половодий в реках

Река	Год	Потери поверхностного стока на инфильтрацию в берега в половодье на 1 км протяжения реки в м <sup>3</sup>	
		за весь период половодья	в среднем за 1 сутки
Волга, нижнее течение . . . . .	1939	836 160	15 485
Ока, верхнее течение . . . . .	1936	900 000	21 000
	1937	420 000	22 100
	1938	330 000	30 000
Казанка, нижнее течение . . . . .	1939	560 000	18 700

поверхностного стока на инфильтрацию на 1 км протяжения реки нельзя распространить на весь бассейн реки. Для отдельных частей бассейна эти потери будут различны.

Общее количество инфильтрации за весь период половодья тем больше, чем продолжительнее период половодья. Это хорошо видно по Оке, где имеется трехлетний ряд наблюдений (табл. 1 и 2). Средняя интенсивность инфильтрации за сутки стоит в обратной последовательности, что объясняется разной интенсивностью прохождения весеннего половодья на реке. Чем более энергично происходит подъем уровня в реке, тем большими величинами выражаются отрицательные гидравлические уклоны грунтового потока в прибрежной зоне и тем большие значения приобретают отрицательные расходы подземного потока в единицу времени.

Во время весенних половодий на реках создаются большие запасы подземных вод в их берегах не только за счет инфильтрации из реки, но и за счет аккумуляции подземных вод бассейна, не находящих стока в речную артерию, из-за подпора, создаваемого высокими весенними уровнями в реке, прекращающими подземный сток из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с рекой. Период отсутствия подземного стока весьма длителен (табл. 1) и совпадает с периодом наиболее усиленного питания подземных вод на всей площади бассейна за счет инфильтрации талых снеговых вод, что особенно благоприятствует накоплению огромных запасов подземных вод в прибрежной зоне.

Даже в верхнем течении Оки заметное повышение уровня грунтовых вод в половодье наблюдается на расстоянии свыше 800 м от уреза реки, а по Волге оно достигает двух и более километров.

Запасы подземных вод, накопленные в берегах во время весеннего половодья, оказывают заметное влияние на водоносность реки в меженный период.

Поступило  
3 I 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Б. И. Куделин, Тр. лабор. гидрогеол. проблем им. Ф. П. Саваренского, 5, 1949.