

УДК 556.535.6

СТОК ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ БАССЕЙНА РЕКИ ИЛЕК

А.О. Домран

Рассмотрен режим стока взвешенных наносов, определены его статистические характеристики для р. Илек и ее основных притоков. Определены расходы взвешенных наносов в различные по водности годы.

Река Илек является основной водной артерией Актюбинской области. Ее длина 623 км, площадь водосбора 41300 км². Река имеет общее направление течения до г. Актобе с юга на север, а затем на северо-запад и впадает в р. Урал слева на 1085-м км от ее устья, на территории Российской Федерации.

Несмотря на то, что данные о стоке наносов имеют большое научное и практическое значение, эта гидрологическая характеристика остается одной из самых слабоизученных. Это обусловлено большими техническими трудностями измерений, несовершенством приборов и методов.

В различные периоды на территории бассейна действовало двенадцать пунктов наблюдений за твердым стоком (табл. 1). Наблюдения за твердым стоком прекратились в 1996 г.

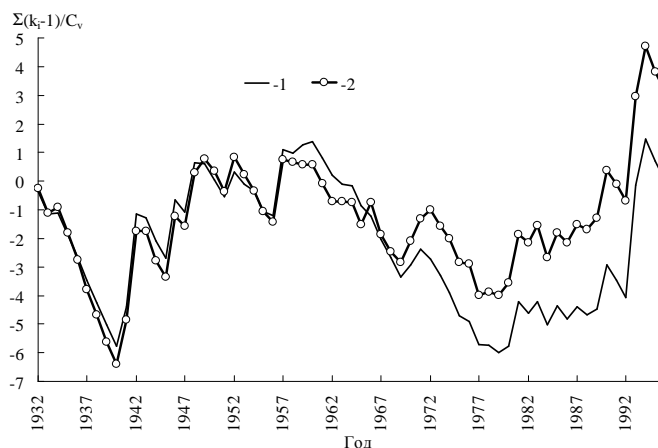
Таблица 1

Сведения о пунктах наблюдений за твердым стоком

Река – пункт	Площадь водосбора, км ²	Период наблюдений	
		период	количество лет
р. Илек – г. Актобе	11000	1942, 1946...1996	53
р. Илек – п. Веселый	17200	1963, 1968...1975	9
р. Илек – п. Мертвецовка	20100	1935	1
р. Илек – с. Чилик	37300	1951...1954, 1956...1996	45
р. Карагала – с. Каргалинское	5000	1969...1975	7
р. Куагаш – с. Кызылжол	315	1964...1966	3
р. Кокпекты – с. Троицкое	506	1982...1991	10
р. Косистек – с. Косистек	281	1964	1
р. Актасты – п. Белогорский	45	1977...1996	20
р. Большая Хобда – с. Новоалексеевка	8110	1965...1995	31
р. Сарьхобда – п. Бессарабский	675	1960...1995	36
р. Терсаккан – п. Астраханский	446	1960...1995	36

Однако объем данных по стоку наносов недостаточен для надежного определения его характеристик и, кроме того, сток наносов реки Илек в створах с наиболее длительными рядами, таких как, у г. Актобе и с. Чилик, искажен влиянием Актюбинского и Карагалинского водохранилищ. Последние сведения о стоке наносов рассматриваемого района приведены в «Ресурсах поверхностных вод...» [2, 3]. В данной работе обобщены данные по стоку наносов в бассейне р. Илек за весь период наблюдений.

Под влиянием различных факторов сток взвешенных наносов испытывает многолетние, годовые и сезонные колебания. Многолетние колебания, прежде всего, связаны с достаточно длительными изменениями климата, изменениями в режиме общей атмосферной циркуляции, а также с интенсивностью процессов денудации в бассейне [5]. Они были исследованы с применением методов разностных интегральных кривых, скользящего осреднения и линейного тренда. С помощью совмещенных разностных интегральных кривых модульных коэффициентов среднегодовых расходов воды и значений годового стока взвешенных наносов были выявлены периоды, когда значения соответствующих величин выше или ниже нормы, а также периоды синхронности и асинхронности их колебаний (рис.1).



*Рис. 1. Совмещенные разностные интегральные кривые модульных коэффициентов р. Илек – с. Чилик за период с 1932 по 1996 гг.
1 – сток взвешенных наносов; 2 – сток воды.*

Анализ указанных разностных интегральных кривых показал, что колебания твердого и жидкого стока на р. Илек синхронны. Для многолетнего хода стока р. Илек характерным является чередование маловодных и многоводных лет.

Рассмотрим колебания твердого стока. Коэффициент вариации расходов наносов составляет от 0,79 до 1,78, что превосходит C_v годового стока примерно в два раза (табл. 2). Таким образом, при соответствии колебаний этих характеристик, амплитуда изменений твердого стока всегда значительно больше, чем жидкого.

Таблица 2

Сопоставление характеристик изменчивости жидкого и твердого стока по исследуемым пунктам

Река – пункт	Период наблюдений, включая годы с восстановленным стоком наносов	Коэффициент вариации (C_v)		Соотношение C_v твердого и жидкого стока
		сток воды	твердый сток	
р. Илек – г. Актобе	1932...1996	0,72	1,35	1,88
р. Илек – с. Чилик	1932...1996	0,80	1,22	1,53
руч. Актасты – п. Белогорский	1977...1996	0,53	0,79	1,49
р. Большая Хобда – с. Новоалексеевка	1961...1996	0,70	1,50	2,14
р. Сарыхобда – п. Бессарабский	1961...1995	0,84	1,78	2,12
р. Терсаккан – п. Астраханский	1960...1995	0,57	1,27	2,23

Общая направленность процесса была проанализирована с использованием скользящего десятилетнего осреднения среднегодовых расходов взвешенных наносов. Тенденция изменения стока взвешенных наносов на реках бассейна неоднозначна. Для р. Илек и р. Терсаккан тренд является отрицательным, тогда как для остальных рассматриваемых створов положительным, в то время как для жидкого стока всего бассейна характерно уменьшение. Это обусловлено более сложным характером формирования твердого стока, так как, помимо гидрометеорологических условий, на него оказывают влияние другие факторы, например, различная длительность периодов, необходимых для дезинтеграции пород и накопления рыхлообломочного материала в конкретном бассейне [1, 5].

Годовые колебания определяются гидрометеорологическими условиями конкретного года (величиной атмосферных осадков, жидкого стока, температурой воздуха и пр.). Внутригодовые колебания стока взвешенных наносов и мутности воды определяются, прежде всего, водным режимом рек, условиями русловой эрозии, которые в свою очередь зависят от комплекса природных факторов (количества и интенсивности выпадения атмосферных осадков, рельефа местности, растительности, литологии почвогрунтов и т.д.).

Расход взвешенных наносов и мутность воды внутри года сильно изменяются. Обычно мутность воды и расход взвешенных наносов увеличива-

ются с увеличением расхода воды. С целью проследить указанную зависимость, были построены графики совмещенного хронологического хода среднемесячных расходов воды, расходов взвешенных наносов и мутности воды (рис. 2).

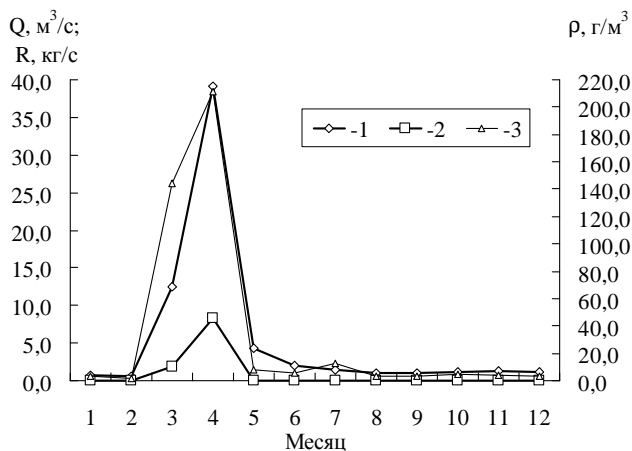


Рис. 2. Совмещенный хронологический ход среднемесячных величин
 1 – расхода воды (м³/с); 2 – расхода взвешенных наносов (кг/с);
 3 – мутности воды (г/м³) р. Большая Хобда – с. Новоалексеевка.

При применении данных о стоке наносов, мутности воды, поверхностном смыве для различных целей необходимы, прежде всего, их многолетние характеристики. В 1966 и 1970 гг. опубликованы «Ресурсы поверхностных вод» [2, 3], в которых приведены сведения о среднем многолетнем стоке наносов территории бассейна р. Илек по данным, включая 1966...1967 гг. С этого времени региональных исследований до последних лет не производилось. В данной работе использованы ряды наблюдений по 1996 г. включительно. Норма стока определена для шести створов, для других – ряды наблюдений за твердым стоком не превышают семи лет или качество данных не позволяет восстановить сток.

В связи с ограниченным количеством данных и влиянием крупных водохранилищ, в ходе выполнения данной работы необходимо было произвести восстановление естественного стока взвешенных наносов.

Для анализа влияния водохранилищ на сток ряды наблюдений были проверены на однородность с использованием интегральных кривых, которые показали, что ряды наблюдений на р. Илек не являются однородными. В связи с введением в эксплуатацию Карагалинского водохранилища с 1975 г. происходит значительное уменьшение стока взвешенных наносов. Таким образом, появляется необходимость восстановления величин

естественных расходов взвешенных наносов. По притокам р. Илек ряды наблюдений являются однородными.

При восстановлении условно естественного стока, пропусков в рядах наблюдений и для продления рядов наблюдений были опробованы следующие способы:

1) построение графиков связи среднегодовых расходов наносов и среднегодовых расходов воды по одному и тому же гидропосту;

2) построение графиков связи десятичных логарифмов среднегодовых расходов взвешенных наносов (за те годы, когда эти данные надежны) и параметра, являющегося десятичным логарифмом произведения максимальных и средних годовых расходов воды, умноженного на 10^6 . Метод предложен английским ученым Нельсоном Леонардом [6].

Для всех рассматриваемых створов были опробованы оба способа. Теснота связей, построенных с помощью первого способа, оценивается коэффициентом корреляции от 0,73 до 0,90, второго – от 0,87 до 0,95. Следовательно, способ, предложенный Нельсоном Леонардом, оказался более эффективным и был использован при восстановлении условно естественного стока взвешенных наносов.

Один из важнейших показателей качества воды – мутность [4]. В «Санитарных правилах и нормах «Питьевая вода». Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения» [4] для мутности воды устанавливается норматив $1,5 \text{ мг/дм}^3$. Поэтому знание мутности воды необходимо при проектировании питьевого и промышленного водоснабжения. При производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне, при сбросе сточных вод содержание взвешенных веществ (по мутности воды) в контрольном створе не должно увеличиваться больше, чем на $0,25 \text{ мг/дм}^3$ по сравнению с мутностью воды в естественных условиях – при использовании водотока для хозяйственно-питьевых нужд населения и рыбного хозяйства, и на $0,75 \text{ мг/дм}^3$ – для коммунально-бытовых нужд [4].

Для определения мутности воды взяли формулу

$$\rho = \frac{R}{Q} \cdot 10^3, \quad (1)$$

где ρ – мутность воды, г/м^3 ; R – сток взвешенных наносов, кг/с ; Q – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$.

В результате исследований выявлено, что наибольшая мутность воды характерна для р. Илек – с. Чилик, наименьшая – для р. Терсаккан – п. Астраханский (табл. 3).

Таблица 3

Средние за многолетний период расходы взвешенных наносов, расходы воды и мутность воды

Река – пункт	Период наблюдений, включая годы с восстановленным стоком наносов	Средние многолетние характеристики		
		Q , м ³ /с	R , кг/с	ρ , г/м ³
р. Илек – г. Актобе	1932...1996	17,7	7,71	297
р. Илек – с. Чилик	1932...1996	41,0	29,0	498
руч. Актасты – п. Белогорский	1977...1996	0,22	0,035	118
р. Хобда – с. Новоалексеевка	1961...1996	5,48	0,90	127
р. Сарыхобда – п. Бессарабский	1961...1995	0,58	0,062	105
р. Терсаккан – п. Астраханский	1960...1995	0,41	0,064	47,4

С учетом восстановления пропусков в рядах наблюдений за стоком взвешенных наносов и определения мутности воды их продолжительность в бассейне р. Илек составила более 50 лет – только в двух пунктах (р. Илек – г. Актобе и р. Илек – с. Чилик), от 20 до 36 лет – в остальных четырех пунктах.

За принятый расчетный период методом моментов вычислены средние многолетние характеристики стока (табл. 3). Ошибки вычисления нормы стока взвешенных наносов составили от 10,9 % (р. Илек – г. Актобе) до 3,53 % (руч. Актасты – п. Белогорский). Кроме того, с помощью кривых обеспеченности рассчитаны расходы взвешенных наносов в различные по водности годы (табл. 4).

Таблица 4

Расходы взвешенных наносов (R) в различные по водности годы, кг/с

Река – пункт	Средний R , кг/с	Расходы взвешенных наносов различной обеспеченности			
		10 %	50 %	75 %	95 %
р. Илек – г. Актобе	7,71	20,5	3,96	0,84	0,00
р. Илек – с. Чилик	29,0	75,1	17,1	3,95	0,00
руч. Актасты – п. Белогорский	0,035	0,072	0,032	0,015	0,00
р. Большая Хобда – с. Новоалексеевка	0,90	2,61	0,45	0,00	0,00
р. Сарыхобда – п. Бессарабский	0,062	0,18	0,017	0,00	0,00
р. Терсаккан – п. Астраханский	0,064	0,17	0,042	0,005	0,00

Таким образом, в результате расчетов выявлено, что норма стока взвешенных наносов в условно-естественный период сократилась по сравнению с периодом 1960...1970-х гг. для р. Илек – г. Актобе с 10,0 кг/с (320 тыс. т в год) до 7,71 кг/с (243 тыс. т). А для р. Илек – с. Чилик с

45,5 кг/с (1400 тыс. т в год) до 29,0 кг/с (915 тыс. т). Средняя многолетняя мутность воды уменьшилась для р. Илек – г. Актобе с 480 г/м³ до 297 г/м³, а для р. Илек – с. Чилик с 930 г/м³ до 498 г/м³.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградова Н.Н., Самойлова А.А. Особенности формирования стока взвешенных наносов горных рек при различном режиме выпадения атмосферных осадков – М: Вестник. Московского Университета, Сер.5, география, 1990. – №3. – С. 68-72.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Нижнее Поволжье и западный Казахстан. Урало-Эмбинский район. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – Т. 12, Вып. 2 – 152 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Актюбинская область. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – Т. 12, Вып. 3 – 515 с.
4. Сан П и Н 2.1.4.559 – 96. «Питьевая вода». Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Изд. Стандартов, 1996. – 186 с.
5. Чигринец Л.Ю. Анализ и расчёт стока наносов горных рек Юго-Восточного Казахстана: Автореф. дис. ... канд. Геогр. Наук / КазНУ им. Аль Фараби – Алматы, 2000. – 24 с.
6. Nelson Leonard M.A. Method of estimating annual suspended sediment discharge. «Geol. Surv. Profess. Pap.», 1970. – № 700. – P. 233-236.

РГП «Казгидромет» г. Алматы

ИЛЕК ӨЗЕНІНІҢ АЛҚАБЫНЫҢ АСЫЛЫП ТҰРҒАН ТАСЫНДЫЛАРЫНЫҢ ШЫҒЫНУЫ

А.О. Домран

Илек өзенінің және оның негізгі саласыларының асылып тұрған тасындыларының тәртібі қарастырылды, статистикалық сипаттамасы анықталды. Асылып тұрған тасындыларының әр түрлі сулылық жалдарда шығынуы анықталды.