

УДК 556.536.6 + 556.004.05

А.Ж. Апсагарова *

Канд. геогр. наук Л.Ю. Чигринец *

**ОЦЕНКА ВОДНО-ЭРОЗИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕК
КАЗАХСТАНСКОЙ ЧАСТИ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ РЕКИ ЕРТИС С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ О ТВЁРДОМ СТОКЕ***ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ, СТОК ВОДЫ, СТОК НАНОСОВ, МУТНОСТЬ
ВОДЫ, ИОННЫЙ СТОК, МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ВОДЫ, ГРАНУЛО-
МЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ПОВЕРХНОСТНЫЙ СМЫВ, ДЕНУДА-
ЦИОННЫЙ МЕТР*

*Рассмотрен твёрдый сток рек Казахстанской части лево-
бережья р. Ертис (Иртыш) как показатель развития водно-
эрозионных процессов на водосборе. Дана оценка эрозионной дея-
тельности рек левого бережья р. Ертис, рассчитан суммарный смыв с
их бассейнов на основе трех главных составляющих твёрдого стока
– стока взвешенных, влекомых наносов и стока растворенных ве-
ществ. Получены данные о скорости водной эрозии и денудацион-
ном метре.*

Река Ертис – одна из главных водных артерий Казахстана. Она относится к трансграничным рекам и интенсивно используется двумя соседними государствами – Китайской Народной Республикой и Российской Федерацией. Ертис является донором для менее водообеспеченных Центрального и Северного Казахстана. Рассматриваемые реки левого бережья Ертиса менее значительны по сравнению с его многоводными правобережными притоками, но они также имеют большое хозяйственное значение.

Водные ресурсы рассматриваемого района широко используются в промышленности, жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве, для регулярного и лиманного орошения, рыбного хозяйства, энергетики. Так на левобережье Ертисского водохозяйственного бассейна (в пределах РК) расположено около 30 крупных водохранилищ и прудов объемом свыше 1 млн. м³, с суммарным объемом 608,6 млн. м³ [5]. Высокий уровень использования водных ресурсов левого бережья р. Ертис привел к значительному снижению качества воды и ухудшению экологического состояния

* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

рек бассейна. В связи с вышеизложенным, рациональное и комплексное использование водных ресурсов рассматриваемой территории имеет особое значение и актуальность.

Для активного освоения водных ресурсов Ертисского водохозяйственного бассейна необходимо детальное изучение всех гидрологических характеристик водных объектов, в том числе, и твёрдого стока. Сведения о твёрдом стоке имеют большую научную и практическую ценность, используются при проектировании гидротехнических сооружений и проведении водохозяйственных мероприятий, для расчёта заиления водохранилищ и прудов, оценки качества воды и экологического состояния водных объектов. Являясь интегральным показателем склоновой и русловой эрозии на водосборе, твёрдый сток используется для оценки интенсивности эрозионных процессов и разработки противоэрозионных мероприятий [3]. Несмотря на большую значимость, эта гидрологическая характеристика остается одной из самых слабоизученных, как для бассейна р. Ертис, так и для Казахстана в целом. Это обусловлено большими техническими трудностями измерений, несовершенством приборов и методов для изучения твёрдого стока.

В данной работе твёрдый сток рассмотрен как показатель развития эрозионных процессов на водосборе и интенсивности поверхностного смыва. Он позволяет количественно оценить размах этих процессов. Согласно исследованиям [2, 8, 12], метод оценки интенсивности эрозии по величинам твёрдого стока рек и его отдельных составляющих является наиболее объективным и точным в сравнении с другими методами.

Основная цель работы заключалась в общей оценке эрозионной деятельности рек Казахстанской части левобережья р. Ертис, в выявлении закономерностей формирования, особенностей режима, определении основных характеристик стока взвешенных наносов и мутности воды, как наиболее изученных составляющих водной эрозии. Актуальность данных исследований очевидна в связи с отсутствием новых научных обобщений по стоку наносов этих рек, так как изучению характеристик твёрдого стока в рассматриваемом районе в последние десятилетия уделялось недостаточно внимания.

Научных работ по исследованию твёрдого стока рек бассейна Верхнего Ертиса очень мало. Результаты, полученные Г.И. Шамовым [11] и Г.В. Лопатиным [4], дают лишь общее представление о мутности воды и внутригодовом распределении стока взвешенных наносов, так как были использованы ограниченные к тому времени материалы наблюдений. Карта

модуля стока наносов рек Верхнего Ертиса Л.С. Нурмагамбетовой (1965 г.) содержит ряд неточностей по той же причине. Г.Н. Складчиковой [6, 7] обобщены сведения о стоке наносов рассматриваемой территории лишь по 1965 год. В работе [10] подробно исследован твёрдый сток горных рек Казахской части Алтая (правобережья р. Ертис) с использованием данных наблюдений по 2010 год включительно. Твёрдым стоком рек левобережья р. Ертис давно никто не занимался. Последнее научное обобщение сведений о наносах рассматриваемого района приведено в «Ресурсах поверхностных вод...» [7]. Очевидно, что эти данные требуют дополнения и уточнения, что и сделано авторами представленного исследования.

Авторами оценена изученность стока воды, стока и гранулометрического состава наносов, а также мутности воды рек левобережья р. Ертис в пределах Ертисского водохозяйственного бассейна Республики Казахстан (РК) по состоянию на 2012 год. Проведен анализ полноты и качества наблюдений. Рассмотрены только те пункты, в которых имеются наблюдения как за жидким, так и за твёрдым стоком. На исследуемой территории сток воды и взвешенных наносов рек и временных водотоков изучался УКГС КазССР (ныне РГП «Казгидромет»), проектно-изыскательскими организациями. Наиболее полными и надёжными являются данные многолетних стационарных наблюдений на сети РГП «Казгидромет», которые были использованы в данной работе. Первые наблюдения по учёту стока наносов и мутности воды рек рассматриваемого региона начаты Казгидрометом в 1934...1935 гг. на р. Шигилик – с. Шигилик и р. Базарка – уроч. Базар. Измерения за стоком взвешенных наносов в целом производились нерегулярно, имеются пропуски за отдельные месяцы и годы. Наблюдения за крупностью наносов начаты в 1950 г. Общим недостатком материалов наблюдений является недоучёт внутрисуточных колебаний мутности воды рек.

Выявлено, что на реках левобережья р. Ертис в пределах Ертисского водохозяйственного бассейна РК всего насчитывалось 13 пунктов наблюдений за твердым стоком. Эти пункты распределены по территории неравномерно. Наиболее продолжительные периоды наблюдений имеются на р. Улькен Бокен – с. Джумба (33 года), р. Кокпекты – с. Кокпекты (29 лет), р. Шар – Николаевка (аул. Кентарлау) (36 лет), р. Шигилик – с. Шигилик (27 лет). Продолжительность периодов наблюдений за стоком взвешенных наносов колеблется от 5 до 36 лет. Сеть наблюдений за твердым стоком в последние годы постоянно сокращалась. К 1990 г. на реках Казахской части левобережья р. Ертис осталось всего 5 пунктов на-

блюдений за стоком наносов. В настоящее время в исследуемом регионе не осталось ни одного пункта наблюдений за твердым стоком. Восстановление сети наблюдений за наносами в ближайшее время вряд ли возможно. В этих условиях возникает необходимость в совершенствовании существующих и разработке новых расчетных методов по учету стока наносов неизученных рек на основе закономерностей, выявленных по имеющимся фактическим данным.

Авторами были собраны данные по жидкому стоку, стоку, гранулометрическому составу наносов и мутности воды за весь период по 13 пунктам наблюдений за твердым стоком на реках Казахстанской части левобережья р. Ертис.

Восстановлены пропуски в рядах наблюдений за стоком воды и наносов различными методами: по графикам связи среднегодовых и средних за вегетационный период расходов наносов по одному и тому же гидропосту; по графикам связи среднегодовых и средних за вегетационный период расходов наносов с таковыми расходами наносов рек-аналогов; по связям расходов взвешенных наносов разных месяцев в одном и том же гидростворе; с использованием процентного распределения твердого стока по месяцам за имеющиеся годы наблюдений; по связи модульных коэффициентов годового стока воды и наносов; по множественной корреляции с применением одновременно двух аналогов; по графикам связи среднегодовых расходов взвешенных наносов (за те годы, когда эти данные надежны) и параметра, являющегося произведением максимальных и средних годовых расходов воды, умноженных на 10^6 в логарифмической форме (метод предложен английским ученым Нельсоном Леонардом [13]). Для каждого гидрологического поста было опробовано несколько методов и выбирался наиболее эффективный. Ряды наблюдений за стоком воды и взвешенных наносов по каждому пункту подвергались тщательному анализу, проверялись на репрезентативность по разностным интегральным кривым модульных коэффициентов, а также на однородность по суммарным интегральным кривым и статистическим критериям Фишера, Стьюдента и Вилкоксона.

Выявлены основные факторы формирования твердого стока рек территории, к которым относится: рельеф, геологическое строение, почвы, растительность, климат, водный режим рек и антропогенное воздействие. Под влиянием определяющих факторов сток взвешенных наносов и мутность воды испытывают многолетние, годовые, сезонные, внутрисуточные колебания. Кроме того, они изменяются по длине рек.

Анализ колебаний жидкого и твёрдого стока, а также определение их основных характеристик были проведены за период одновременных наблюдений за стоком воды и наносов. Анализ многолетних колебаний годового стока наносов, мутности и стока воды проводился по совмещенным разностным интегральным кривым модульных коэффициентов годовых значений этих характеристик (рис.). При этом были выявлены периоды, когда значения соответствующих величин выше или ниже нормы, репрезентативные периоды для расчета нормы и изменчивости, а также периоды синхронности и асинхронности их колебаний. Анализ показал, что для одного и того же створа колебания твердого и жидкого стока в основном синхронны. В случае асинхронности колебаний наблюдается следующая закономерность: максимум мутности воды и расхода взвешенных наносов наступает раньше максимума водности (см. рис.), что связано с периодом, необходимым для дезинтеграции пород и накопления рыхлообломочного материала в бассейне [9].

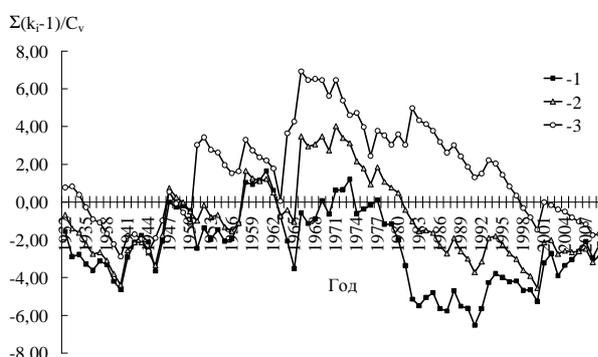


Рис. Совмещенные разностные интегральные кривые модульных коэффициентов среднегодовых расходов воды (Q , $\text{м}^3/\text{с}$) – 1, взвешенных наносов (R , $\text{кг}/\text{с}$) – 2 и мутности воды (ρ , $\text{г}/\text{м}^3$) – 3 р. Аблайкит – с. Басова за 1932...2010 гг.

Расход взвешенных наносов и мутность воды внутри года претерпевают значительные изменения. Для рек со средней высотой водосборов менее 1500 м характерно прохождение основной годовой мутности воды в период половодья с апреля по июнь.

Для рек с высотой водосборов более 1500 м характерна сдвигка периода с повышенной мутностью воды на более поздние сроки (май, август). Это обусловлено постепенным включением в питание рек снегов высокогорных зон и большей долей дождевой составляющей. Обычно насыщение рек наносами происходит в течение нескольких дней, после чего даже более высокие расходы воды не приводят к повышенной мутности.

Распределение стока наносов в году определяется режимом жидкого стока. В связи с высокой изменчивостью стока воды рек левобережья р. Ертис, сток наносов характеризуется также большой изменчивостью. Сопоставление годовых колебаний стока воды и наносов показывает, что колебания стока наносов более резкие. Так коэффициент вариации жидкого стока рек рассматриваемого района колеблется от 0,37 до 0,72, а твёрдого от 0,55 до 1,76. Максимальное количество наносов формируется в период максимальной водности, минимальное соответствует межени.

При использовании сведений о наносах для различных целей необходимы, прежде всего, многолетние характеристики стока наносов и мутности воды. Как уже было отмечено, норма стока взвешенных наносов основных рек Казахстанской части левобережья р. Ертис впервые была определена Г.В. Лопатиным [7] и Г.И. Шамовым [6]. Впоследствии, в [7 и 12] приведены сведения о среднем многолетнем стоке наносов территории по данным, включая 1965 г.

Авторы для расчёта нормы стока взвешенных наносов и мутности воды использовали ряды наблюдений по 1990 г. включительно, так как в последующие годы наблюдения за твёрдым стоком в данном районе полностью прекращены. При оценке репрезентативности имеющихся периодов наблюдений за стоком взвешенных наносов учитывались рекомендации [2], согласно которым период наблюдений репрезентативен, если измерения расходов взвешенных наносов имеются в диапазоне измерений расходов воды вероятностью превышения от 5 до 95 %, в крайнем случае, до 75 %, что можно установить с помощью графика связи $R_T = f(Q_T)$ и кривой обеспеченности среднегодовых расходов воды в исследуемом створе.

Рассчитаны величины среднего многолетнего годового стока взвешенных наносов, стока и мутности воды рек Казахстанской части левобережья р. Ертис и их отклонения от данных, приведённых в [7] (табл.). Средне-многолетний сток взвешенных наносов колеблется от 0,047 кг/с (р. Шигилик – с. Шигилик) до 1,48 кг/с (р. Аблайкит – х. Басова). Большие отклонения от [7] объясняются значительным удлинением рядов наблюдений. Следует также отметить, что по 4 гидрологическим постам получены новые данные о норме стока взвешенных наносов, которые в [8] отсутствуют.

Исследования средней многолетней мутности воды рек показали, что она изменяется по территории от 30,4 г/м³ (р. Шигилик – с. Шигилик) до 270 г/м³ (р. ТАблайкит – х. Басова). Одновременно с определением нормы стока взвешенных наносов и мутности воды, проведен анализ данных наблюдений за стоком воды и расчёт его статистических характеристик с использованием материалов наблюдений по 2012 г. включительно.

Таблица
Основные характеристики стока воды (Q , m^3/c), взвешенных наносов (R , kg/c) и мутности воды (p , g/m^3) по гидропостам
Казахстанской части левобережья реки Ертіс

Река – пункт	Элемент	Норма	Норма [7]	Отклонение от [7], %	Обеспеченность Р %					C_v	C_s	
					5	10	30	50	75			90
Коклекти – Коклекти, выше устья р. Косагаш	Q	3,74	3,73	0,27	9,93	7,97	4,15	3,00	2,00	1,30	0,72	2,11
	R	0,16	0,31	-48,3	0,9	0,45	0,18	0,076	0,033	0,009	1,68	7,70
	p	31,2	82,0	-61,9	118	60,0	36,0	22,5	16,3	6,15	1,19	6,37
Улькен Бокен – с. Джумба	Q	7,99	6,40	24,8	13,5	11,9	9,20	7,61	5,83	4,53	0,37	0,80
	R	0,60	0,49	22,4	1,23	1,04	0,72	0,54	0,36	0,24	0,55	1,20
	p	81,0	77,0	5,19	149	127	90,0	72,0	55,0	45,0	0,44	1,60
Аблайкит – х. Басова	Q	5,58	6,40	12,8	11,4	9,69	6,65	5,00	3,31	2,27	0,55	1,20
	R	1,48	-	-	3,39	2,68	1,67	1,21	0,81	0,57	0,69	2,70
	p	270	-	-	497	412	284	230	194	180	0,42	2,40
Тайнты – с. Огневка	Q	5,25	5,20	0,96	9,02	8,09	6,26	5,10	3,72	2,60	0,41	0,40
	R	0,87	-	-	4,50	2,20	0,80	0,65	0,25	0,13	1,76	7,45
	p	166	-	-	900	390	133	110	50,0	33,0	1,51	5,92
Шар – аул Кенгарлау	Q	4,48	4,23	5,91	10,0	7,30	5,00	4,09	2,85	1,59	0,55	1,95
	R	0,38	-	-	1,30	0,90	0,40	0,27	0,15	0,057	0,92	2,84
	p	89,4	-	-	241	174	108	73,0	37,0	22,0	0,76	2,03
Шигилик – с. Шигилик	Q	1,49	1,24	20,2	2,76	2,39	1,73	1,37	0,99	0,75	0,45	1,10
	R	0,047	0,03	56,7	0,14	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01	1,02	1,66
	p	30,4	24,0	26,7	70,3	56,7	34,8	24,6	15,9	11,9	0,66	1,70
Кызылсу – с. Остриковка	Q	1,71	1,35	26,7	3,97	3,22	2,01	1,40	0,89	0,60	0,67	1,70
	R	0,17	-	-	0,59	0,43	0,20	0,10	0,03	0,01	1,22	2,20
	p	129	-	-	700	450	185	64,0	23,0	7,00	1,32	3,73

Были построены кривые обеспеченности среднегодовых расходов воды, расходов взвешенных наносов и мутности воды, по которым определены значения этих характеристик различной обеспеченности (табл.).

Коэффициенты вариации годового стока воды, взвешенных наносов и мутности воды определялись параллельно методом моментов и графоаналитическим способом, а при больших значениях C_v применялся также метод «наибольшего правдоподобия». Коэффициенты асимметрии (C_s) определялись графоаналитическим способом, а также подбором соответствия теоретических кривых распределения эмпирическим точкам. В тех случаях, когда теоретические кривые плохо соответствовали наблюдаемым экстремальным значениям, для их построения применялся метод усечённых кривых [1].

В практических расчётах, помимо общего количества наносов, переносимых реками, часто необходимы сведения о гранулометрическом составе наносов. Авторами обобщены имеющиеся данные о гранулометрическом составе взвешенных и донных наносов рек рассматриваемой территории. Получены основные параметры гранулометрического состава наносов, выявлены закономерности формирования и территориально-временного изменения гранулометрического состава наносов, в частности его изменения в зависимости от фаз водного режима. Для анализа гранулометрического состава наносов были использованы гистограммы, циклограммы, интегральные кривые гранулометрического состава наносов, в качестве эффективного диаметра принимался $d_{50\%}$, в качестве коэффициен-

та неоднородности $n = \frac{d_{90\%}}{d_{50\%}}$, где $d_{90\%}$ и $d_{50\%}$ – диаметры частиц 90 и 50 %-ной обеспеченности, снятые с интегральных кривых гранулометрического состава наносов.

Анализ совмещённых интегральных кривых гранулометрического состава наносов, гистограмм и циклограмм, построенных по конкретным гидропостам для различных фаз водного режима (подъем, спад, межень) по данным, осреднённым за многолетний период, показал, что при формировании гранулометрического состава наносов проявляются как общие закономерности, так и наиболее ярко выражаются индивидуальные особенности каждого бассейна и даже района гидрологического поста. Общей закономерностью является увеличение крупности как взвешенных, так и особенно донных наносов, во время подъема половодья и паводков, ее уменьшение на

спаде половодья и во время межени, по большинству рассматриваемых гидрометрических створов, однако имеются и отклонения от этой закономерности. Анализ полученных коэффициентов неоднородности гранулометрического состава наносов показал, что он колеблется в различные фазы водного режима в больших пределах: для взвешенных наносов от 1,91 до 12,8, а для донных наносов от 2 до 54,5. Более высокие значения коэффициентов неоднородности гранулометрического состава как взвешенных, так и донных наносов по большинству пунктов наблюдений характерны для спада половодья. При этом проявляется закономерность: чем больше процент содержания мелких частиц в гранулометрическом составе, тем больше коэффициент неоднородности. Исследования гранулометрического состава наносов показали, что на реках низкогорных зон, бассейны которых сложены легкоразмываемыми грунтами, в период подъёма половодья наблюдается значительное измельчение наносов (тип I). Это получается за счёт смыва мелкозёма с поверхности водосборов в этот период. На реках же высокогорной зоны, бассейны которых представлены кристаллическими породами, уменьшение крупности наблюдается в период спада половодья и межени, когда транспортирующая способность рек резко падает и происходит осаждение крупных наносов (тип II).

Установление связи стока и гранулометрического состава наносов с определяющими факторами, например, со средневзвешенной высотой водосбора позволят решить ряд вопросов, связанных с определением стока и гранулометрического состава наносов неизученных рек за различные периоды, а также с их прогнозированием, что является задачей дальнейших исследований.

Размер эрозионной работы рек определяется суммарным значением механической и химической эрозии по формуле:

$$M = M_{\text{г}} + M_{\text{вл}} + P_{\text{и}},$$

где M , $M_{\text{г}}$, $M_{\text{вл}}$, $P_{\text{и}}$ – соответственно модули стока суммарной эрозии, взвешенных наносов, влекомых наносов и растворённых веществ (ионный сток) в т/км² в год.

Сток взвешенных и влекомых наносов характеризует интенсивность механической эрозии. Как известно, норма годового стока наносов может быть выражена слоем смыва почвогрунтов (V_R , мм/год). Для перехода к слою годового смыва от модуля годового стока наносов (M_R , т/км²) необходимо знать объемный вес почвогрунтов, слагающих водо-

сбор. Средняя величина объемного веса грунтов для рассматриваемой территории по данным [6] составляет $1,56 \text{ г/см}^3$.

Величина слоя смыва, определяемая стоком взвешенных наносов, изменяется от $0,001 \text{ мм/год}$ (гидропосты р. Шар – аул Кентарлау и р. Кокпекти – с. Кокпекти выше устья р. Косагаш) до $0,016 \text{ мм/год}$ (р. Улькен Бокен – с. Джумба). Анализ стока взвешенных наносов дает возможность получить оценку эрозионных процессов в рассматриваемых районах и рассчитать понижение поверхности за счет энергии текущих вод.

Химическая эрозия вносит существенный вклад в эрозионные процессы, поэтому сток растворенных веществ, наряду со стоком взвешенных и влекомых наносов, используют для количественной оценки процессов денудации в бассейнах рек. Проанализирована изученность химического состава рек в рассматриваемых створах. Систематическое определение химического состава воды рек Казахстанской части левобережья р. Ертис стало проводиться на опорной сети РГП «Казгидромет» с 1938 г. Выявлено, что наблюдения за химическим составом воды проводились Казгидрометом в семи из рассматриваемых пунктов наблюдений за твердым стоком. Это гидропосты: р. Кокпекты – с. Кокпекти выше устья р. Косагаш, р. Улькен Бокен – с. Джумба, р. Ковалевка – с. Баймурат, р. Шар – аул Кентарлау, р. Таинты – с. Огневка, р. Таинты – с. Таинты, р. Ащису – жд ст Ушбиик. Почвы левобережья р. Ертис характеризуются наибольшей засоленностью по сравнению с правобережьем, поэтому вода рек левобережья обладает наиболее высокой минерализацией. Величина среднегодовой минерализации воды рек Казахстанской части левобережья р. Ертис меняется от 179 мг/дм^3 (р. Улькен Бокен – с. Джумба) до 569 мг/дм^3 (р. Ковалевка – с. Баймурат). В целом наблюдается закономерность – уменьшение минерализации с увеличением высоты местности, увеличение минерализации от склонов северной экспозиции к южной, а также увеличение ионного стока с увеличением расхода воды.

Выше рассмотрены величины эрозии, которые характеризуются только стоком взвешенных наносов. Интенсивность эрозии за счет энергии текущих вод определена нами также с учетом сведений о стоке влекомых наносов и растворенных веществ.

Соотношение расхода взвешенных и влекомых наносов зависит от фазы водного режима, от крупности наносов, от гидроморфометрических характеристик русла на участке исследований. Разные авторы принимают различные соотношения годового количества взвешенных и влекомых на-

носов. Так, по данным В.Л. Шульца, количество влекомых наносов может составлять до 60 % от взвешенных наносов. З.Т. Беркалиев в своих расчетах принимает это соотношение равным 75 %. По данным Н.П. Павленко оно меняется от 20 до более чем 100 %. В результате анализа имеющихся отрывочных фактических данных о стоке влекомых и взвешенных наносов для рек Верхнего Ертиса и по данным [9], оно принято равным 50 %.

На основании расчётов составлена таблица суммарной водной эрозии для рек в исследуемых створах, т.е. дана оценка их эрозионной деятельности. Получены данные о суммарном стоке взвешенных, влекомых наносов и растворенных веществ, о скорости эрозии и денудационном метре. Анализ результатов расчетов показал, что средняя скорость суммарной эрозии в бассейнах рек левобережья р. Ертис в пределах РК составила 0,035 мм/год. Интенсивность эрозии резко убывает от крупных рек к средним. Наибольший слой суммарного смыва наблюдается на гидропостах р. Таинты – с. Таинты (0,078 мм/год), р. Улькен Бокен – с. Джумба (0,062 мм/год), р. Таинты – с. Огневка (0,053 мм/год).

В заключении работы можно сделать следующие выводы:

- Для активного освоения ресурсов Казахстанской части левобережья р. Ертис необходимо всестороннее изучение гидрологического режима рек, в том числе стока и гранулометрического состава наносов.

- Несмотря на большую значимость, сток наносов и мутность воды остаются одной из самых слабо изученных гидрологических характеристик как для бассейна Верхнего Ертиса, так и для Казахстана в целом.

- Рассмотрены условия и выявлены основные факторы формирования стока наносов и мутности воды. К таким факторам относятся: средне-взвешенная высота водосбора, диапазон высот в бассейне, экспозиция склонов, жидкий сток, твердость и прочность пород к размыву, почвы и растительность, антропогенная деятельность и др.

- Анализ многолетних колебаний жидкого и твердого стока показал, что для одного и того же створа колебания твердого и жидкого стока не всегда синхронны. В случае асинхронности колебаний наблюдается следующая закономерность: максимум мутности воды и расхода взвешенных наносов наступает раньше максимума водности, что связано с периодом, необходимым для дезинтеграции пород и накопления рыхлообломочного материала в бассейне.

- Для годовых и внутригодовых колебаний стока взвешенных наносов и мутности воды характерны их более резкие изменения по сравнению с жидким стоком, особенно это заметно в высокогорной и среднегорной зонах.

- Уточнены величины норм твердого и жидкого стока рек Казах-
станской части левобережья р. Ертыс по сравнению с «Ресурсами поверх-
ностных вод» [7], а также получены расходы воды и расходы взвешенных
наносов различной обеспеченности с учетом последних лет наблюдений
по 2012 год включительно.

- Выявлены закономерности изменения гранулометрического со-
става взвешенных и влекомых наносов по фазам водного режима.

- Дана оценка эрозионной деятельности рек в исследуемых ство-
рах. Средняя скорость эрозии в данном районе составляет 0,035 мм в год.
Анализ данных [2, 8, 9, 10, 12] показывает, что для бассейнов рек Казах-
станской части левобережья р. Ертыс характерны средние условия водной
эрозии почвы.

- Рассчитанные величины суммарного смыва можно использовать в
долгосрочных прогнозах понижения или повышения поверхности водосборов.

- Полученные закономерности, рекомендации и выводы могут быть
применены в практике гидрологических расчетов для рассматриваемых рай-
онов. Они могут быть также полезны при аналогичных исследованиях по
другим районам с аналогичными физико-географическими условиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гальперин Р.И. Нюансы статистической интерпретации гидрологических
рядов // Проблемы гидрометеорологии и экологии: Матер. междунар.
конф., посвященной 50-летию КазНИИМОСК, Алматы, 2001, С. 103-105.
2. Дедков А.П., Мозжерин Р.И. Эрозия и сток наносов на Земле. – Ка-
зань: Изд. Казанского ун-та, 1984. – 240 с.
3. Дускаев К.К., Чигринцев Л.Ю. Оценка интенсивности эрозионных про-
цессов в бассейнах рек Заилийского и Джунгарского Алатау с исполь-
зованием данных о твердом стоке // Проблемы гидрометеорологии и
экологии: Матер. междунар. конф., посвященной 50-летию КазНИИ-
МОСК, Алматы, 2001, С. 168-170.
4. Лопатин Г.В. Наносы рек СССР. – М.: Географгиз, 1952. – 366 с.
5. Оценить и дать прогноз возобновляемых водных ресурсов в речных
системах Восточного, Центрального, Северного и Западного Казахстана
с учётом влияния климатических и антропогенных факторов. Промежу-
точный отчёт о НИР. – Алматы: Институт географии, 2010. – С. 152.
6. Складчикова Г.Н. Сток взвешенных наносов и оценка эрозионной дея-
тельности рек Горного Алтая (Верхняя Обь и Верхний Иртыш): Авто-
реф. дис. ... канд. геогр. наук – Алматы, 1970 – 23 с.

7. Складчикова Г.Н. Сток наносов // Ресурсы поверхностных вод СССР Т. 15, Вып. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – С. 176-196.
8. Сток наносов, его изучение и географическое распределение / Под ред. А.В. Караушева – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 224 с.
9. Чигринец Л.Ю. Анализ и расчёт стока наносов горных рек Юго-Восточного Казахстана: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук – Алматы, 2000 – 24 с.
10. Чигринец Л.Ю., Азнабакиева М.М. Оценка эрозионной деятельности рек Казахстанской части горного Алтая с использованием данных о твёрдом стоке // Современные тенденции и закономерности в развитии географической науки в Республике Казахстан: Матер. междунар. конф., 28 апреля 2010 г. – Алматы: Қазақ университеті, 2010. – С. 127-134.
11. Шамов Г.И. Речные наносы. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 378 с.
12. Эрозионные процессы / Под ред. Н.И. Маккавеева и Р.С. Чалова. – М.: Наука, 1984. – 256 с.
13. Nelson Leonard M.A. Method of estimating annual suspended sediment discharge // Geol. Surv. Profess. Pap. – 1970. – № 700. – P. 233-236.

Поступила 21.05.2015

А.Ж. Апсарова
Канд. геогр. наук Л.Ю. Чигринец

ҚАТТЫ АҒЫНДЫ МӘЛІМЕТТЕРІН ҚОЛДАНУМЕН ЕРТІС ӨЗЕНІ СОЛТҮСТІК ЖАҒАЛАУЫНЫҢ ҚАЗАҚСТАНДЫҚ БӨЛІГІНДЕГІ ӨЗЕНДЕРДІҢ СУ-ЭРОЗИЯЛЫҚ ҚЫЗМЕТІН БАҒАЛАУ

Су жиналу орнындағы су эрозиялық процесстерінің дамуы, көрсеткіш ретінде Қазақстан бөліміндегі Ертіс өзенінің сол жағасы салаларының қатты агымдары зерттелді.

Ертіс өзенінің сол жағындағы тармақтарының эрозиялық әрекеті бағаланды, қатты агымның өшінетін, өзен түбіндегі және еріп кететін үш басты жасаушысы негізінде олардың бассейндерінің жалпы жиынтығы есептелді. Су эрозиясының жылдамдығы және денудациялық метрі туралы мәліметтері алынды.