

РАСЧЕТ И АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ РЕК СРЕДНЕ-КУРИНСКОЙ ВПАДИНЫ

© 2014 г. Ф.А. Иманов, Р.Ф. Раджабов

Бакинский государственный университет, г. Баку, Азербайджан

Ключевые слова: сток взвешенных наносов, эрозия, мутность, статистические методы, метод *L*-моментов, карта мутности.



Ф.А. Иманов



Р.Ф. Раджабов

Рассмотрены условия формирования стока взвешенных наносов рек территории Средне-Куринской впадины, их многолетние колебания и методы расчета. С применением причинно-следственного анализа выявлены основные естественные и антропогенные факторы формирования стока взвешенных наносов, разработаны рекомендации для предотвращения проблем, связанных со стоком взвешенных наносов. Статистические параметры анализируемых рядов оценены с помощью метода *L*-моментов. С применением ГИС-технологий построена карта распределения мутности речных вод.

Сведения о наносах и процессах эрозии необходимы для решения различных задач хозяйственного использования водных ресурсов. На основе данных о количестве наносов в источнике водоснабжения и их свойствах вырабатываются рациональные решения по очистке воды от наносов перед подачей ее в систему распределения. Для многих производственных процессов требуется свободная от наносов вода. Строгие требования к цвету и мутности воды предъявляют и предприятия коммунального хозяйства. Данные о движении наносов и распределении размеров частиц необходимы для проектирования плотин, каналов и других оросительных сооружений [1].

На водосборах рек основную часть стока взвешенных наносов составляют обломки горных пород малого и крупного размера, частицы почвы, фрагменты растительного и животного происхождения. Как правило, анализируются основные внутренние и внешние факторы формирования стока наносов рек. К внешним факторам относятся уклон водосбора реки и русла, в т. ч. ветер и антропогенные факторы. К внутренним – аллювиальные отложения, собранные в русле, одновременно выветренные породы и обломочный материал. Для оценки связи между развитием рельефа и процессом формирования стока взвешенных наносов с общими тенденциями изменения бассейна реки в будущем должны быть приняты во внимание основные факторы формирования рельефа на данной местности [5].

На склонах речных бассейнов водная эрозия, наносы, русло и пойма при взаимодействии составляют основу эрозионно-аккумулятивного комплекса. Эрозионно-аккумулятивный комплекс как процесс носит прямой и обратный характер. Это означает, что не только склоновая эрозия в бассейне реки влияет на формирование и развитие русла, но и развитие русла влияет на склоновую эрозию. В итоге накопленные в устье реки материалы эрозии характеризуют процессы эрозии бассейна реки. В эрозионно-аккумулятивном комплексе взаимодействие между прямыми и обратными процессами может возникнуть за относительно короткий период времени (год, сезон) и быть очень интенсивным, и в то же время эта связь может быть слабой, что можно проследить только за геологический период [6].

Естественный режим стока взвешенных наносов изучаемых рек сильно нарушен в результате хозяйственной деятельности в их бассейнах и руслах. К основным антропогенным факторам относятся вырубка леса, вспашка земель, перевыпас скота, добыча гравия в долинах рек и строительство водохранилищ. Так, например, расходы взвешенных наносов р. Гянджачай у с. Зурнабад имеют тенденцию увеличения (рис. 2).

На реках Айричай, Гошгарчай, Агстафачай, Джогасчай и других построены водохранилища. Влияние водохранилищ на режим стока взвешенных наносов показано на рис. 3. Так, в частности, ниже Ахынджачайского водохранилища в пос. Агдам внутригодовое распределение стока взвешенных наносов сильно изменилось.

После выявления всех естественных и антропогенных факторов твердого стока была составлена причинно-следственная диаграмма [7]. Выполнен анализ прямых и обратных связей между различными факторами. Рассмотренные причины объединены в четыре группы: первичные, пересекающиеся, промежуточные и корневые.

К первичным причинам отнесены факторы, усиливающие процесс эрозии. Интенсивный эрозионный процесс увеличивает накопление наносов и повышает риски при прохождении селей на реках. Изменение климата рас-

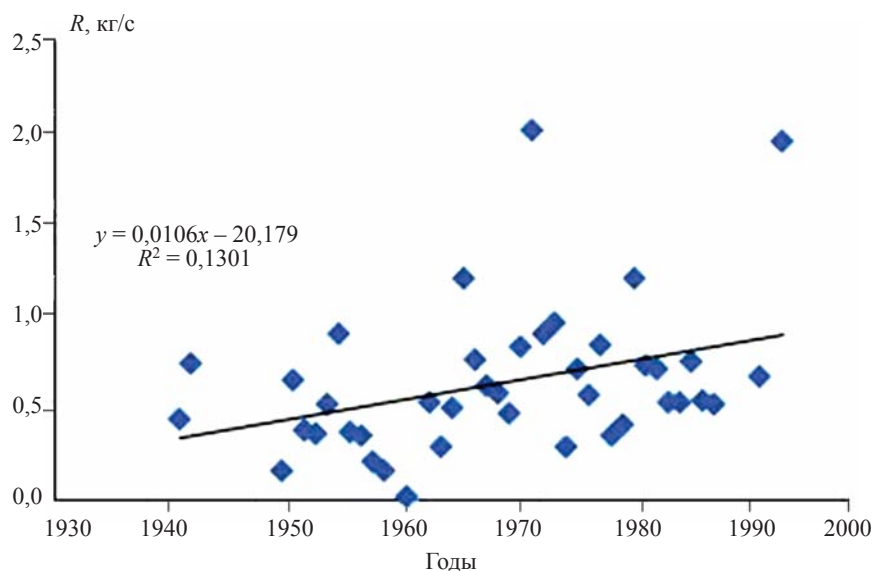


Рис. 2. Многолетняя динамика среднегодовых расходов взвешенных наносов р. Гянджачай у с. Зурнабад.

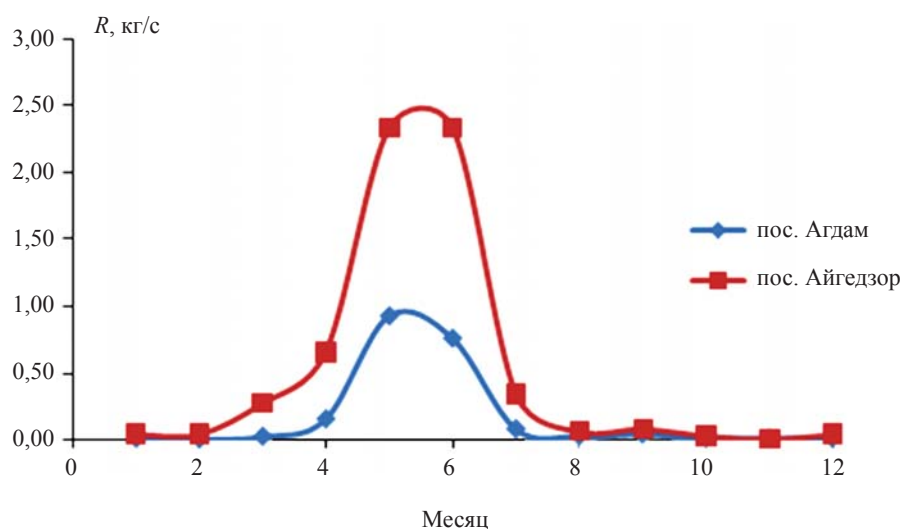


Рис. 3. Гидрографы расходов взвешенных наносов р. Ахынджачай выше (пос. Айгедзор) и ниже (пос. Агдам) водохранилища.

смагивается как пересекающаяся причина. Естественный процесс эрозии, нерациональное использование земельных ресурсов, вырубка лесов и перевыпас скота являются промежуточными причинами. К корневым причинам отнесены слабое регулирование землепользования и недостаточность общественного просвещения.

Путем анализа составленной причинно-следственной диаграммы для предотвращения проблем, связанных со стоком взвешенных наносов, разработаны следующие рекомендации:

- повышение регулирования использования земельных ресурсов;
- применение альтернативных технологий водоснабжения и орошения;
- активизация общественного просвещения по вопросам рационального использования земельных ресурсов.

Многолетние колебания и расчет стока взвешенных наносов

В работе использованы данные наблюдений по 32 гидрологическим постам. Однако на некоторых реках наблюдения не проводились, а на других велись только несколько лет. Только на трех гидрологических станциях ряды наблюдений имеют длину более 30 лет: р. Шамкирчай (с. Верхний Чайкенд), р. Гянджачай (с. Зурнабад), р. Дамарчик (устье). Продолжительность периода наблюдений за стоком наносов составляет от 3 до 41 года.

Анализ разностных интегральных кривых показал, что для многолетних колебаний расходов взвешенных наносов характерно чередование циклических составляющих продолжительностью 5–13 лет (рис. 4).



Для оценки степени синхронности многолетних колебаний стока взвешенных наносов изучаемых рек составлена матрица коэффициентов парной корреляции, анализ которой показал, что степень их синхронности невысока. По территории значения коэффициентов корреляции меняются в интервале 0,01–0,64, т. е. все коэффициенты корреляции меньше 0,7.

Для анализа многолетних колебаний расходов взвешенных наносов также применен метод линейного тренда. Статистическая значимость линейного тренда оценена по значению коэффициента парной корреляции. Для четырех рек (Кура, Шамкирчай, Ганых и Дамарчик) выявлено статистически незначимое уменьшение стока взвешенных наносов.

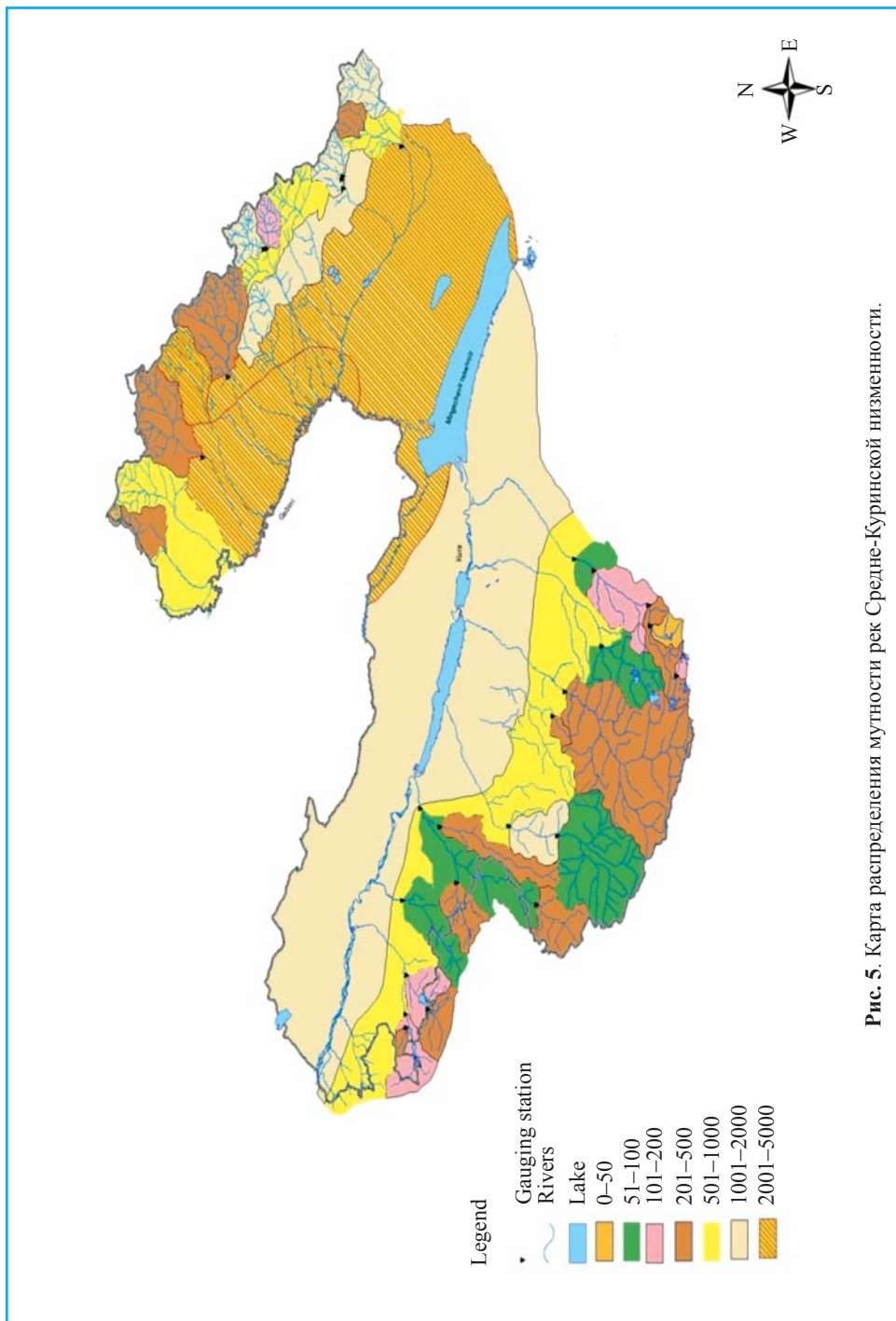
Выборочные параметры анализируемых рядов оценены по методу моментов и широко применяющемуся в последние два десятилетия в западных странах методу L -моментов [8–10]. Для обобщенного распределения экстремумов выборочная дисперсия L -моментных оценок меньше рассеяния оценок максимального правдоподобия, особенно при коротких (порядка 20 лет) выборках [8]. В [10] отмечено, что для распределения С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля смоделированы искусственные ряды длиной 25 лет и совмещены кривые распределения оценок C_v , вычисленных методами моментов, максимального правдоподобия и L -моментов. Оказалось, что оценки максимального правдоподобия и L -моментов весьма близки.

В качестве типа аналитической кривой обеспеченности выбрана логнормальная функция распределения. Статистические параметры 19 рядов наблюдений приведены в таблице. Как следует из таблицы, значения статистических параметров стока взвешенных наносов изменяются в больших пределах. Так, как для статистической аппроксимации рассматриваемых рядов использовали логнормальное распределение, поэтому для повышения объективности расчетных характеристик рассматривали наряду со средними арифметическими значениями также и медианы (см. таблицу), характеризующиеся значительно большей устойчивостью при анализе гидрохимической информации [11, 12]. Так, если среднее значение колеблется в пределах от 0,031 до 220 кг/с, то медианы изменяются в пределах от 0,025 до 185 кг/с. Близость оценок медиан, полученных по двум независимым методам (см. таблицу), существенно повышает их надежность.

На следующем этапе на основе ГИС-технологии, используя программу ArcGIS [13], была составлена карта мутности рассматриваемой территории. На карте выделено 7 различных зон мутности: 0–50; 51–100; 101–200; 201–500; 501–1000; 1001–2000; 2001–5000 г/м³ (рис. 5).

Таблица. Статистические параметры рядов стока взвешенных наносов

Река–пост	Количество лет n	Метод моментов					Метод L -моментов	
		\bar{R} , кг/с	C_v	C_s	X_{med}	σ	X_{med}	Σ
Актафачай–Бархударлы	11	1,5	0,71	1,13	1,116	0,93	1,162	0,72
Гасансу–Цахкован	15	0,11	0,83	0,79	0,069	1,09	0,072	0,87
Таузчай–Берд	16	0,13	2,27	3,71	0,034	1,68	0,030	1,7
Ахынджачай–Ахгедзор	12	0,58	0,77	0,83	0,423	0,86	0,415	0,82
Асрикчай–Асрикджирдахан	14	0,12	0,73	0,87	0,090	0,82	0,090	0,75
Шамкирчай–Верхний Чайкенд	38	3,08	1,11	1,94	1,616	1,24	1,733	1,07
Гянджачай–Зурнабад	41	0,64	0,62	1,87	0,522	0,75	0,543	0,57
Зивланчай–устье	15	0,031	0,71	1,29	0,025	0,69	0,024	0,71
Даствафюрчай–Даствафюр	15	0,09	0,88	1,26	0,056	1,16	0,060	0,89
Ганых–Айричай	38	220	0,56	0,58	185	0,63	185	0,59
Белоканчай–Белокан	25	3,57	0,89	1,82	2,535	0,88	2,535	0,83
Курмухчай–Илису	22	10,5	0,76	1,26	7,029	1,13	7,925	0,75
Кунахайсу–Сарыбаш	23	0,89	0,86	1,08	0,577	1,04	0,600	0,89
Гамамчай–Илису	19	0,2	1,06	3,04	0,135	0,99	0,138	0,88
Агчай–Агчай	14	0,48	0,65	0,14	0,323	1,2	0,372	0,7
Айричай–Баш Дашагыл	29	5,30	0,82	2,25	3,975	0,8	4,015	0,74
Дамарчик–устье	40	2,93	0,84	1,72	2,117	0,83	2,096	0,82
Чхотурмас–устье	27	0,75	1,14	2,41	0,468	1	0,454	1
Кайнар–устье	27	0,67	0,12	1,58	0,403	0,98	0,383	1,05



Заключение

В настоящее время сток взвешенных наносов изучаемых рек изучен слабо. В ходе проведенной работы выявлены закономерности многолетних колебаний стока взвешенных наносов. Для оценки гидрологических параметров распределения по эмпирическим данным применен метод L -моментов. С применением ГИС-технологий построена карта распределения мутности речных вод. По степени мутности реки исследуемой территории разделены на 7 зон.

На основании анализа основных естественных и антропогенных факторов формирования стока взвешенных наносов составлена причинно-следственная диаграмма, разработаны рекомендации по предотвращению проблем, связанных со стоком взвешенных наносов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грани гидрологии / под ред. Джона К. Родда. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 447 с.
2. *Рустамов С.Г.* Реки Азербайджанской ССР и их гидрологические характеристики (на азерб.). Баку. 1960. 196 с.
3. *Ахундов С.А.* Сток наносов горных рек Азербайджанской ССР. Баку. 1978. 97 с.
4. *Абдуев М.А.* Гидрологическое исследование стока наносов рек с естественным и нарушенным режимом (в пределах Азербайджана): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Баку. 1995. 22 с.
5. Сток наносов, его изучение и географическое распределение. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 239 с.
6. *Иманов Ф.А., Раджабов Р.Ф.* Применение новых статистических методов в гидрологических расчетах // Сб. науч. тр. института водного хозяйства Грузии. Тбилиси. 2010. С. 95–100.
7. *Раджабов Р.Ф.* Составление и анализ причинно-следственных диаграмм формирования гидрологических процессов (на азерб.) // Регионально-геогр. проблемы современных геосистем. Труды географ. общества. Баку. 2012. Т. XVII. С. 251–257.
8. *Hosking J.R.M.* L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics // J.R. Statist. Soc. 1990. Series B 52. No 1. P. 105–124.
9. *Hosking J.R.M., Wallis J.R.* Regional Frequency Analysis. New York: Cambridge University Press, 1997.
10. *Болгов М.В., Осипова Н.В.* Новые стохастические модели и методы в инженерной гидрологии // Современные проблемы стохастической гидрологии. М. 2000. С. 30–36.
11. *Лепихин А.П., Мирошниченко С.А.* Особенности задания «фоновой» концентрации в естественных водотоках // Водное хозяйство России. 2002. Т. 4. № 3. С. 247–262.
12. *Лепихин А.П., Возняк А.А.* Статистические функции распределения гидрохимических показателей качества воды поверхностных водных объектов // Водное хозяйство России. 2012. № 4. С. 21–32.
13. *Rajabov R.F., Nuriyev A.A.* Investigation of suspended sedimentation load in Azerbaijan // Conference proceedings. Sediment transport modeling in hydrological watersheds and rivers, November 2012, Istanbul, Turkey. P. 533–534.

Сведения об авторах:

Иманов Фарда Али оглы, д-р геогр. наук, профессор, декан географического факультета, заведующий кафедрой гидрометеорологии, Бакинский государственный университет, Азербайджан, г. Баку, ул. Академика Захид Халилова, 23, AZ 1148; e-mail: farda_imanov@mail.ru

Раджабов Рустам Фахраддин оглы, преподаватель кафедры гидрометеорологии, Бакинский государственный университет, Азербайджан, г. Баку, ул. Академика Захид Халилова, 23, AZ 1148; e-mail: rajabov_r_f@mail.ru