

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НАИБОЛЬШИХ РАСХОДОВ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ ГРЯЗЕВЫХ СЕЛЕЙ И ПАВОДКОВ (НА ПРИМЕРЕ РЕК ЛЕНКАРАНСКОЙ ПРИРОДНОЙ ОБЛАСТИ)

Дж.Г. Мамедов, *вед. науч. сотр.*

З.Р. Расулов, *науч. сотр.*

Институт географии им. акад. Г.А. Алиева НАН Азербайджана
(Азербайджан, г. Баку)

DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10703

Аннотация. В статье рассматривается воздействие основных природных факторов на формирование грязевых селей. Коэффициенты нарушения поверхности речных водосборов селей составляют 0.06-0.08 км². Общая площадь селевых очагов Вилашчай, Ленкаранчай и Тангеруд колеблется в пределах 11-72 км², а до конусов выноса 6.4-8.1 км².

Выявлена связь между величинами наибольших расходов взвешенных наносов и наибольшими расходами воды, средней высотой водосбора, площадью бассейна и естественной зарегулированностью стока рек. Комплекс параметров интегрально отражает влияние основных природных факторов. Анализ связи показывает, что при возрастании наибольших расходов воды, средней высоты водосбора, наибольший расход взвешенных наносов увеличивается, а при возрастании площади водосбора и естественной зарегулированности стока – уменьшается.

Специфические гидрологические условия диктуют, выявленную зависимость представить в виде трех уравнений. Это позволило разработать методику расчета наибольших расходов взвешенных наносов.

Ключевые слова: взвешенные наносы, наибольший расход, селевые потоки, расход воды, рельеф, атмосферные осадки,

Для разработки селезащитных мероприятий, проектирования гидротехнических сооружений, защиты хозяйственных объектов и населенных пунктов от паводков переходящих в селевые потоки необходим детальный анализ влияния основных природных факторов. Своеобразие природы исследуемой территории усиливает актуальность рассматриваемого вопроса.

Территория характеризуется значительным вертикальным расчленением рельефа с параллельным и ступенчатым расположением хребтов и межгорных котловин [1; 7]. Буроварский, Пештасарский и Талышинский хребты, составляющие основу горной страны, образуют своеобразную ступенчатость рельефа с умеренно-влажным субтропическим климатом. Эти признаки создают условия для прохождения паводков с малым количеством наносов, а также способствуют формированию начальной стадии грязевых селей.

Наряду с этим, переход наибольших расходов взвешенных наносов в сели довольно специфично характеризуется по высотным поясам. Высотные пояса рельефа в своей последовательности влияют на изменение климата, водный режим и тип питания рек, литологический комплекс обнажающихся пород, почвенно-растительный покров и другие факторы, представляющие собой главнейшие условия формирования наибольших расходов взвешенных наносов.

Исследуемая территория характеризуется двумя вертикальными поясами в силу отсутствия высокогорий. Среднегорья представляют собой систему складчатых гор высотой до 2493 м, переходящих в низкогорья, а далее в прибрежную Ленкаранскую низменность.

Среднегорный пояс в литологическом отношении представлен вулканогенно-осадочными породами третичного возраста, а низкогорья покрыты четвертичными отложениями.

Растительность низкогорий и равнин представлена лесным покровом. Это способствует формированию достаточно мощного почвенного покрова, а также интенсивности органического выветривания.

Роль климата данной территории на формирование стока воды рассматривалась рядом исследователей [9; 10]. Авторы [9; 10] в результате всестороннего анализа пришли к выводу, что помимо климатических параметров, на формирование наибольших расходов воды определенное влияние оказывает и ряд других факторов. Наши исследования показывают, что помимо влияния параметров на формирование наибольших расходов воды, они также должны оказывать существенное влияние на формирование наибольших расходов взвешенных наносов.

Цель исследования

Изучение зависимости наибольших расходов взвешенных наносов от влияния комплекса физико-географических факторов для разработки методики расчета наибольших расходов взвешенных наносов.

Задачи исследования

Задачами исследования является анализ обработки стационарных данных наибольших расходов взвешенных наносов и установление определяющих факторов необходимых при разработке методики расчета грязевых селей.

Исходные данные

Материалами для исследования послужили данные стационарных наблюдений над наибольшими расходами взвешенных наносов и воды, проводимые Департаментом Гидрометеорологии при Министерстве Природных Ресурсов Азербайджанской Республики до 2000 года, а также результаты экспедиционных исследований авторов в последние годы.

Методика исследования

В соответствии с целью и задачами, в статье обобщены результаты обработки многолетних стационарных наблюдений над наибольшими расходами взвешенных наносов и воды. Ведущая роль принадлежит эмпирическим методам, основанным на построении и анализе генетических зависимостей наибольших расходов взвешенных наносов грязевых селевых пото-

ков. Общая площадь селевых очагов Ви-лашчай, Ленкаранчай и Тэнгэруд составляет 11-72 км², а до конуса выноса 6.4-8.1 км². Коэффициент нарушения речных водосборов селей для территории Ленкаранской природной области составляет 0.06-0.08 [6].

В Ленкаранской природной области влияние физико-географических факторов на наибольший расход взвешенных наносов проявляется особенно во время весенних паводков по сравнению с другими сезонами. Для этого необходимо было обобщение и анализ стационарных данных над наибольшими расходами взвешенных наносов и на их влияние природных факторов в отдельности. Природные факторы находятся в тесной взаимосвязи между собой и взимообусловлены, так как селевые явления являются в известной степени, как бы зеркалом, отражающим влияние основных природных и антропогенных факторов. В связи с этим в отдельных бассейнах любой территории селевые потоки проявляются с разной мощностью.

Ряд исследователей предприняли попытку установить зависимость между наибольшими расходами взвешенных наносов и воды с основными природными факторами. В этом отношении можно отметить работы авторов [2-4; 12; 13].

Проведенные исследования показывают, что при определении наибольшего расхода взвешенных наносов исследуемых рек вышеуказанные параметры хорошо и специфично отражают изменение водно-эрозионных процессов.

В исследовании установлено, что в Ленкаранской природной области наибольший расход взвешенных наносов рек увеличивается со средней высоты. Вследствие отсутствия здесь пояса высокогорья, территория относится к среднегорному и низкогорному рельефу, представляет собой систему складчатых гор высотой до 2493 м, сложенных в основном третичными отложениями [1; 7]. Развитие рельефа этой области происходит в своеобразных климатических условиях, при которых в среднем поясе преобладает сухой климат, а в низкогорье-наоборот, влажный субтропический. Вследствие обилия атмосфер-

ных осадков (более 1700-1800 мм), Ленкоранская природная область отличается густой речной сетью. Поэтому для рек характерно преобладание дождевого питания с сопровождением паводкового режима. В процессе прохождения наибольших расходов взвешенных наносов решающее значение оказывает наибольший расход воды, так как величина наибольших расходов взвешенных наносов закономерно увеличивается с увеличением воды.

При увеличении наибольших расходов взвешенных наносов наряду с наибольшими расходами воды важную роль играет площадь водосбора. При возрастании площади водосбора сток взвешенных наносов также увеличивается. В горных условиях, где процессы интенсивности смыва подчинены закону вертикальной поясности, необходимо учитывать и влияние высоты местности. Это позволяет более обстоятельно анализировать условия формирования наибольших расходов взвешенных наносов в различных высотных ландшафтных поясах.

Кроме указанных морфометрических показателей водосбора и закономерностей, на наибольшие расходы взвешенных наносов значительное влияние оказывают климатические условия. В рассматриваемом районе в основном климат характеризуется сырым и прохладным летом.

Исключительное разнообразие в распределении метеорологических элементов, в частности температуры воздуха, атмосферных осадков, обусловлено взаимодействием сложных локальных физико-географических условий. Обильное выпадение осадков в районе Талыша обусловлено близостью Каспийского моря, круговым окаймлением горного кольца из Талышского хребта. Такое расположение горных систем и близости моря при вторжении с севера, севера-востока и востока относительно холодных воздушных масс приводит к выпадению атмосферных осадков, достаточных для осадкообразования рассматриваемой территории. Вследствие обилия атмосферных осадков (более 1700 мм и выше) Ленкоранская природная область отличается речной сетью. Для рек

характерно преобладание дождевого питания и паводковый режим.

По территории среднегодовая температура воздуха составляет 14.1°C , температура января $0^{\circ}-3.1^{\circ}\text{C}$, а июля и августа $19.7^{\circ}-25.7^{\circ}\text{C}$ [5]. Зима суровая, а лето прохладное. Годовое количество атмосферных осадков изменяется в пределах на высоте 200 м 1430-1500 мм, в 600 м – 1680 мм а в 1500 м оно уменьшается до 1200 мм, а выше 2000-2400 м – понижается до 200-300 мм. За теплое полугодие (апрель-сентябрь) количество осадков составляет в области Талыша 500 мм и более, в южной части, Астаринском районе, меньше. Наоборот, в холодное полугодие в области Талыша составляет 1000 мм и более в южной предгорной части. Таким образом, наибольшее количество осадков за холодное полугодие приходится на область Талыша, причем значительно превосходит все остальные области рассматриваемой территории. Здесь наибольшее количество осадков выпадает в холодное полугодие [14]. Растительность представлена лесным покровом, почвенный покров хорошо развит.

Таким образом, все вышеуказанные условия в совокупности способствуют для создания благоприятных условий химического и органического, отчасти физического выветривания горных пород исследуемой территории [11]. В целом, изменения величины наибольших расходов взвешенных наносов определяются природными факторами.

В этом отношении более детальный подход для расчета наибольших расходов взвешенных наносов рек Большого Кавказа был сделан Дж. Г. Мамедовым [8]. Разработанные автором методики расчета наибольших расходов взвешенных наносов рек, хотя хорошо отражают локальность территории Большого Кавказа, а их применение для рек Ленкоранской природной области дает значительные ошибки из-за сильно отличающихся физико-географических факторов.

Поэтому возникла необходимость разработки методики расчета наибольшего расхода взвешенных наносов рек Ленкоранской природной области. Для этого не-

обходимо было обобщение и анализ стационарных данных над наибольшими расходами взвешенных наносов и влияние на

них природных факторов в отдельности (таблица 1).

Таблица 1. Многолетний наибольший расход взвешенных наносов и воды

№ п/п	Река-пункт	Площадь водосбора, $F, \text{км}^2$	Наибольший		Отношение	
			расход воды, $Q_{\text{max}}, \text{м}^3/\text{с}$	расход взв. наносов, $R_{\text{max}}, \text{кг/с}$	под-з. стока к попер. φ	средней высоты к площади водосбора Ψ
1.	Геоктепе-с.Гаджыджавадлы	126	132	8.7	0.27	0.021
2.	Виляшчай-пгт. Ярдымлы	312	78.5	230	0.52	0.091
3.	Виляшчай-с. Шыхлар	785	396	1000	0.37	0.042
4..	Кюрекчичай-с. Кюрекчи	9.98	2.78	3.4	0.33	0.573
5.	Шаратук-с. Текдам	236	63	46	0.33	0.078
6.	Маталачай-с. Халфалар	79.4	132	120	0.28	0.064
7.	Боладычай-с. Дырьян	60.5	152	19	0.32	0.063
8.	Лекаранчай-с. Сифидор	893	505	2000	0.41	0.043
9	Ленкаранчай-г. Ленкаран	1040	1070	380	0.41	0.038
10.	Сияку-с. Сияку	45.2	20	3.4	0.37	0.070
11.	Истисучай-с. Алаша	60	98.5	190	0.37	0.075

Наряду с этим, для правильного расчета наибольших расходов взвешенных наносов, необходимо учитывать комплекс параметров влияющих факторов.

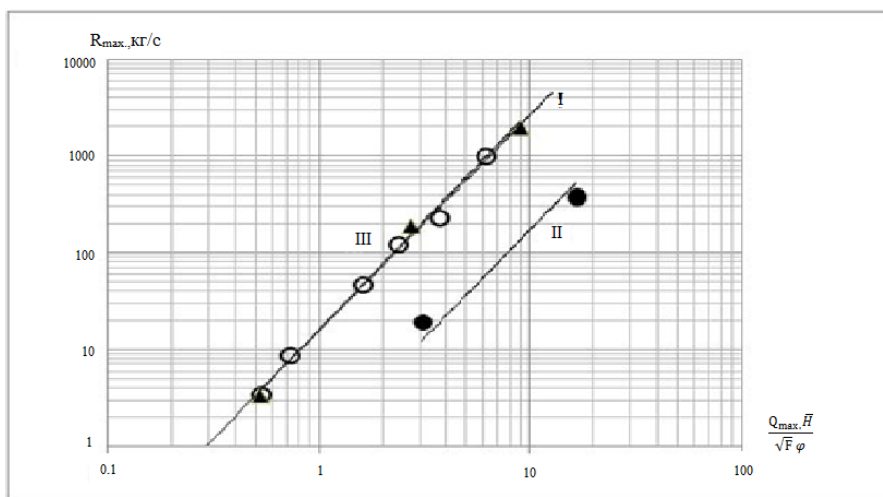


Рисунок. Зависимость наибольших взвешенных наносов R_{max} от комплекса $Q_{\text{max}} \cdot \bar{N} / \sqrt{F} \varphi$ для рек Ленкаранской природной области: I. Для рек междуречье Геоктепе-Маталачай ; II. для рек Боладычай-Ленкаранчай; III. Ленкаранчай-Истисучай

Для этого необходимо было обобщить материалы стационарных данных наибольших расходов взвешенных наносов Ленкаранской природной области по 2002 г. (таблица 2).

Сказанное подтверждается полученной зависимостью между наибольшими расходами взвешенных наносов и комплексом. Как и ожидалось, наблюдается общая тен-

денция увеличения наибольших расходов воды с комплексом параметров (рис.).

Учитывая вышеизложенное, рекомендуем метод расчета наибольшего расхода взвешенных наносов с учетом зависимости от наибольшего расхода воды (Q , м³/с), площади водосбора (F , км²), естественной зарегулированности стока рек (φ) и средней высоты водосбора (\bar{H} , м). Выявлено, что с увеличением наибольшего расхода воды, средняя высота водосбора, наибольший расход взвешенных наносов возрастают, а площадь водосбора и естественная зарегулированность стока рек уменьшается. Отрицательные воздействия площади водосбора объясняются занимаемой лесистостью водосбора. Поэтому необходимо было установление значения наибольших расходов взвешенных наносов. Это послужило основой для анализа закономерностей территориального распределения стока наносов. Наряду со значительным разнообразием наибольших расходов взвешенных наносов существует тесная взаимосвязь между ними и природными факторами.

Таковыми морфометрическими элементами, на взгляд автора, являются Q_{max} - наибольший расход воды, м³/с, F -площадь водосбора, км², φ -естественная зарегулированность стока рек (т.е. отношение подземного стока к поверхностному), \bar{H} -средняя высота водосбора, м.

Исходя из этого положения, с учетом теории размерностей, получена формула для расчета наибольшего расхода взвешенных наносов:

$$R_{max} = k \left(\frac{Q_{max} \bar{H}}{\sqrt{F} \varphi} \right)^n$$

где – R_{max} – наибольший расход взвешенных наносов, кг/с; Q_{max} – наибольший расход воды, м³/с; F – площадь водосбора, км², φ -естественная зарегуливанность стока рек, \bar{H} – средняя высота водосбора, м.

Весьма специфические гидрологические, а также геолого-геоморфологические условия и его горизонтальные и верти-

кальные дифференциации склонов гор с различной экспозицией, позволяют выделить зависимость в виде 3-х уравнений.

На графике линии связи расположены параллельно, поэтому значение показателей степени для групп рек Геоктепе-Маталачай и Боладычай-Ленкаранчай составляет $n=2.125$, а Ленкаранчай-Истисучай $n=2.26$. Таким же условиям соответствует коэффициент “ K ”. Итак, для указанных групп рек “ K ” соответственно составляет 15.554; 1.126 и 16.154. Полученные уравнения для разных регионов объясняются разнообразием физико-географических условий территорий. Построенная зависимость между наибольшими расходами взвешенных наносов и комплексом условий Ленкаранской природной области свидетельствует о существовании довольно четкой связи между указанными величинами.

По разработанной методике расчета наибольших расходов взвешенных наносов, полученные связи для различных групп речных бассейнов приняли нижеследующие формулы:

для междуречья Геоктепе-Маталачай

$$R_{max} = 15.554 \left(\frac{Q_{max} \bar{H}}{\sqrt{F} \varphi} \right)^{2.23} \quad (1)$$

для междунечья Боладычай-Ленкаранчай

$$R_{max} = 1.126 \left(\frac{Q_{max} \bar{H}}{\sqrt{F} \varphi} \right)^{2.125} \quad (2)$$

для междуречья Ленкаранчай-Истисучай

$$R_{max} = 16.154 \left(\frac{Q_{max} \bar{H}}{\sqrt{F} \varphi} \right)^{2.26} \quad (3)$$

Расчеты по рекомендуемым формулам даются в таблице 2.

Таблица 2. Значения наибольших расходов взвешенных наносов рек

№ п/п	Река – пункт	Комплекс $Q \cdot \bar{H} / \sqrt{F} \cdot \varphi$	Наибольший расход взв. наносов		Отклонение в %
			$R_{\max. \text{ факт.}}$	$R_{\max. \text{ расч.}}$	
1.	Гектепе-с. Гаджиджавадлы	0.731	8.7 1	7.7	-11
2.	Вилашчай-пгт. Ярдымлы	3.72	230 1	290	+26
3.	Вилашчай-с. Шыхлар	6.17	1000 1	900	-10
4..	Кюракчай-с. Кюракчи	0.53	3.4 1	3.8	+12
5.	Шаратук -с. Текдам	1.62	46 1	46	0
6.	Маталачай-с. Халфалар	2.37	120 1	110	-8
7.	Боладычай-с. Дырьян	3.06	19 2	14	-27
8.	Ленкаранчай-г. Ленкаран	16.5	380 2	490	+28
9.	Ленкаранчай-с. Сифидор	8.90	2000 3	2300	+15
10.	Сияку-с. Сияку	0.52	3.4 3	3.6	+8
11.	Истисучай-с. Алаша	2.73	190 3	160	-16

Расчеты по принятым значениям “К”, на основании полученного уравнения показали, что отклонения вычисленных значений наибольшего расхода взвешенных наносов от фактического вполне допустимы, т.е. они не превышают $\pm 28\%$ (таблица 2). Таким образом, предлагаемая формула универсальна и может быть использована для оценки наибольших расходов взвешенных наносов неизученных рек Ленкаранской природной области.

Анализ стационарных данных, и на их основе построенные графики связи, позволили сделать некоторые выводы о закономерности развития и распределения грязевых селей.

Выводы

1. Предлагаемая методика, в зависимости от основных природных факторов, позволяет получать удовлетворительные ре-

зультаты лишь для горных рек Ленкаранской природной области.

2. Установленные закономерности между наибольшими расходами взвешенных наносов и комплексом должны рассматриваться как один из вопросов дальнейших натуральных наблюдений и детального изучения в будущем.

3. Высокий уровень решения вопроса возможен совместными усилиями соответствующих научно-исследовательских учреждений при широком участии производственных организаций, расположенных в Ленкаранской природной области.

4. Ввиду сложности селевых потоков нельзя предложить окончательные зависимости. Вопрос требует дальнейшей разработки, тщательного анализа имеющихся и накопления новых данных.

Библиографический список

1. Гаджиев В.Д. Палеогеоморфология областей мезокайнозойского вулканизма Малого Кавказа и Талышских гор (в пределах Азербайджанской Республики). Автореф. докт. дисс. – Баку, 2004. – 53 с.

2. Дедков А.П., Бойко Ф.Ф., Мозжерин В.И., Часовникова Э.А. Антропогенные изменения системы процессов экзогенного рельефообразования в Среднем Поволжье. – «Московский филиал географического общества СССР». – М., 1982. – С. 20-28.

3. *Великанов М.А.* 1962. Ошибки измерения и эмпирические зависимости. – Л., «Гидрометеоиздат». – 302 с.
4. *Виноградов Ю.Б.* Этюды о селевых потоках. Гидрометеоиздат. – Л., 1980. – 143 с.
5. *Кавецкая Г.Г.* Температура воздуха. Климат Азербайджана. – Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1968. – С. 90-120.
6. Каталог селеопасных рек Азербайджана. Научно-исследовательский Институт Гидрометеорологии. Национального Гидрометеорологического Департамента, Министерства экологии и природных ресурсов. – Баку, 2008.– 104 с.
7. *Курбанов Т.Р.* История развития и закономерности формирования морфоструктур Талыша. Автореф. канд. дисс. –Баку, 1999.– 27 с.
8. *Мамедов Дж.Г.* Основные факторы, влияющие на формирование селей, и их использование в разработке методики расчета наибольших расходов воды и взвешенных наносов, а также их изменчивости (в пределах Большого Кавказа Азербайджанской Республики) // Географический вестник ПГУ. – 2013. – № 3 (26). – С. 67-77.
9. *Мамедов М.А.* Расчеты максимальных расходов воды горных рек. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 184 с.
10. *Махмудов Р.Н.* Прогноз дождевых паводков на реках Азербайджана. – Баку: Изд. Зийа-Нурлан, 2001. – 204 с.
11. *Подобедов Н.С.* Общая физическая география и геоморфология. – М.: Изд. «Недра», 1974. – 312 с.
12. *Херхеулидзе И.И.* Эмпирические формулы для приближенного определения расчетных параметров структурных селевых потоков. В кн. Материалы V Всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними. Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1962. – С. 178-184.
13. *Шамов Г.И.* Речные наносы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1959. –378 с.
14. *Шихлинский Э.М.* Атмосферные осадки. Климат Азербайджана. – Баку: Изд- во АН Азерб. ССР, 1968. – С. 152-207.

**METHOD OF CALCULATION LARGEST EXPENDITURE RAISE OF
ALLUVIUM MUD TORRETS AND FLOODS
(ON THE EXAMPLE, OF THE RIVERS LENKORAN NATURAL AREA)**

J.H. Mammadov, *leading researcher*

Z.R. Rasulov, *researcher*

Institute of Geography of ANAS

(Azerbaijan, Baku)

***Abstract.** The influence of the main natural factors on mud formation is considered in the article. The coefficients of disturbance of the surface of the river watersheds of mud flows are 0.06-0.08. The total area of the mud flow foci of Vlachay, Lankaranchay and Tangerud ranges from 11 to 72 km², and to the cone of the removal 6.4-8.1 km². The relationship between the values of the largest charges of suspended sediments and the largest water discharge, the average height of the catchment area, the basin area and the natural regulation of rivers has been revealed. A set of parameters integrally reflects the increase in the largest water factors. The analysis of the connection shows that with the increase in the largest water discharge, the average height of the catchment area, the largest discharge of suspended sediments increases, and with the increase in the catchment area and the natural control of the drain. Specific hydrological conditions dictate the need for the dependence present in the form of 3 equations. This allows us to more fully illuminate this issue in contrast to previous studies and develop a methodology for its calculation.*

***Keywords:** suspended sediment, the largest flow, mud flows, water flow, relief, atmospheric precipitation.*