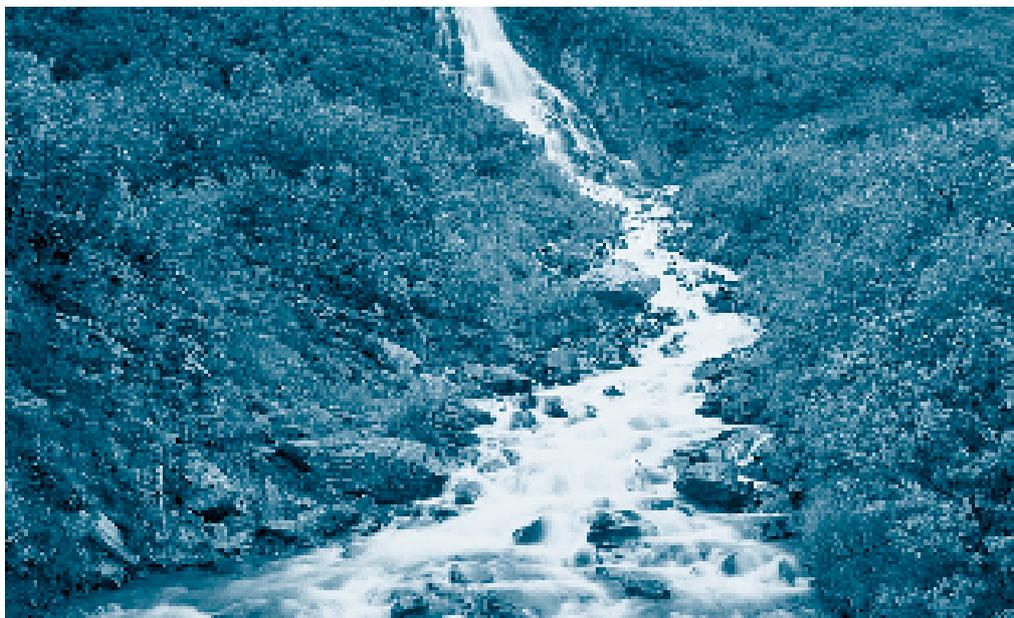


# ФАКТОРЫ формирования СТОКА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ ГОРНЫХ рек АЗЕРБАЙДЖАНА

Проанализированы некоторые физико-географические факторы (почвенный покров, геологическое строение, климат, режимные фазы рек), влияющие на формирование стока взвешенных наносов горных рек Азербайджана. Выявлено, что эти факторы оказывают значительное влияние на изменение стока взвешенных наносов рек. Установлена обратная зависимость между стоком взвешенных наносов и лесистостью водосбора.



## Введение

Территория Азербайджана отличается исключительным разнообразием природных условий. Республика является преимущественно горной и рельеф ее крайне сложный. Так, амплитуда колебания абсолютных высот достигает до 4500 м, что, наряду с другими причинами, обуславливает значительные изменения (вертикальную поясность) климата, растительности, почв и др.

На севере Республики протягиваются крупнейшие в ее пределах хребты горной системы Большого Кавказа — Главный Кавказский (Водораздельный) хребет, простирающийся до Каспийского моря, и Боковой хребет, идущий параллельно Главному Кавказскому хребту к северу от него и создающий большое разнообразие в распространении и интенсивности водо-

**М.А. Абдуев\***,  
кандидат географических наук,  
ведущий научный сотрудник,  
Институт географии  
Национальной академии наук  
Азербайджана

**Ф.А. Эюбова**,  
кандидат географических наук,  
ведущий научный сотрудник,  
Институт географии  
Национальной академии наук  
Азербайджана

эрозионных процессов. К югу расположена Ганых–Айричайская долина, протягивающаяся вдоль подошвы южных склонов Главного Кавказского хребта, ещё южнее — обширные предгорья.

Западная и юго-западная часть территории охвачена горами Малого Кавказа, отличительной чертой которых по сравнению с Большим Кавказом является меньшая высота, отсутствие ледников и более сложное геологическое строение. Система складчатых гор Малого Кавказа представлена Шахдагским, Муровдагским, Восточно-Гейчинским, Зангезурским, Гарабагским, Мыхтеканским, Дярялягезским хребтами, а также Гарабагским вулканическим нагорьем. На крайнем юго-востоке, примыкая к Каспийскому морю, возвышаются Талышские горы, состоящие из трех параллельных и невысоких хребтов — Талышский, Пештасарский и Буроварский. Остальная часть Республики занята, в основном, обширной Кура–Аразской низменностью, которая занимает около 25 % всей площади.

\*Адрес для корреспонденции: [abduevm@gmail.com](mailto:abduevm@gmail.com)

Формирование стока взвешенных наносов рек Азербайджана происходит, в основном, в горной части территории под действием метеорологических, рельефных, почвенно-геологических и геоботанических факторов. Все они взаимосвязаны и каждый оказывает столь существенное влияние на формирование стока наносов, что выделить главенствующую роль того или иного фактора — весьма трудная задача. В гидрологии особо рассматривается влияние поверхностного стока на процессы эрозии, количественное выражение которого установить сравнительно нетрудно. Поступление твердого материала в реку со склонов во многом зависит от разветвленности речной сети и отдаленности очагов эрозии от главного русла реки. Интенсивность эрозионного процесса склонового стока в значительной степени обуславливается выветриванием пород, в результате чего они дробятся на более мелкие частицы и тем самым увеличивается подвижность образовавшегося рыхлого материала. Вместе с тем, значительное количество продуктов выветривания определяет потенциальную способность водосбора поставлять твердый материал для формирования стока взвешенных наносов.

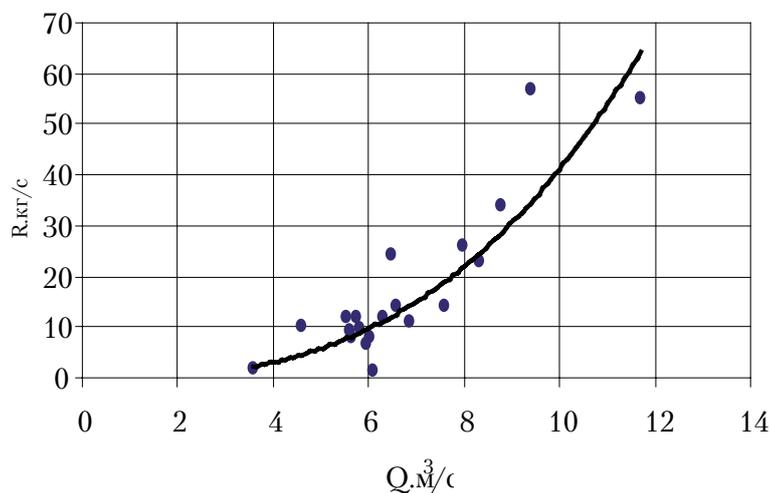
Представления о процессах формирования стока наносов, пространственном распределении интенсивности поверхностного смыва и величине денудационного сноса с горных сооружений носят весьма гипотетический характер.

В связи с указанным, одной из основных задач, стоящих перед настоящим исследованием, является выявление особенностей формирования стока наносов горных рек.

## Результаты и их обсуждение

**М**ногочисленные исследования [1-7] показывают, что с увеличением водности реки увеличивается и расход взвешенных наносов, однако не совсем пропорционально, что связано с влиянием на развитие водной эрозии других природных факторов.

Для анализа и выявления основных факторов формирования стока взвешенных наносов широко используется известный метод построения связи между среднемесячными и среднегодовыми величинами расходов воды и взвешенных наносов. Принимая водность реки за основной аргумент, влияние других факторов учитывается на основе выяснения причин отклонения отдельных точек от

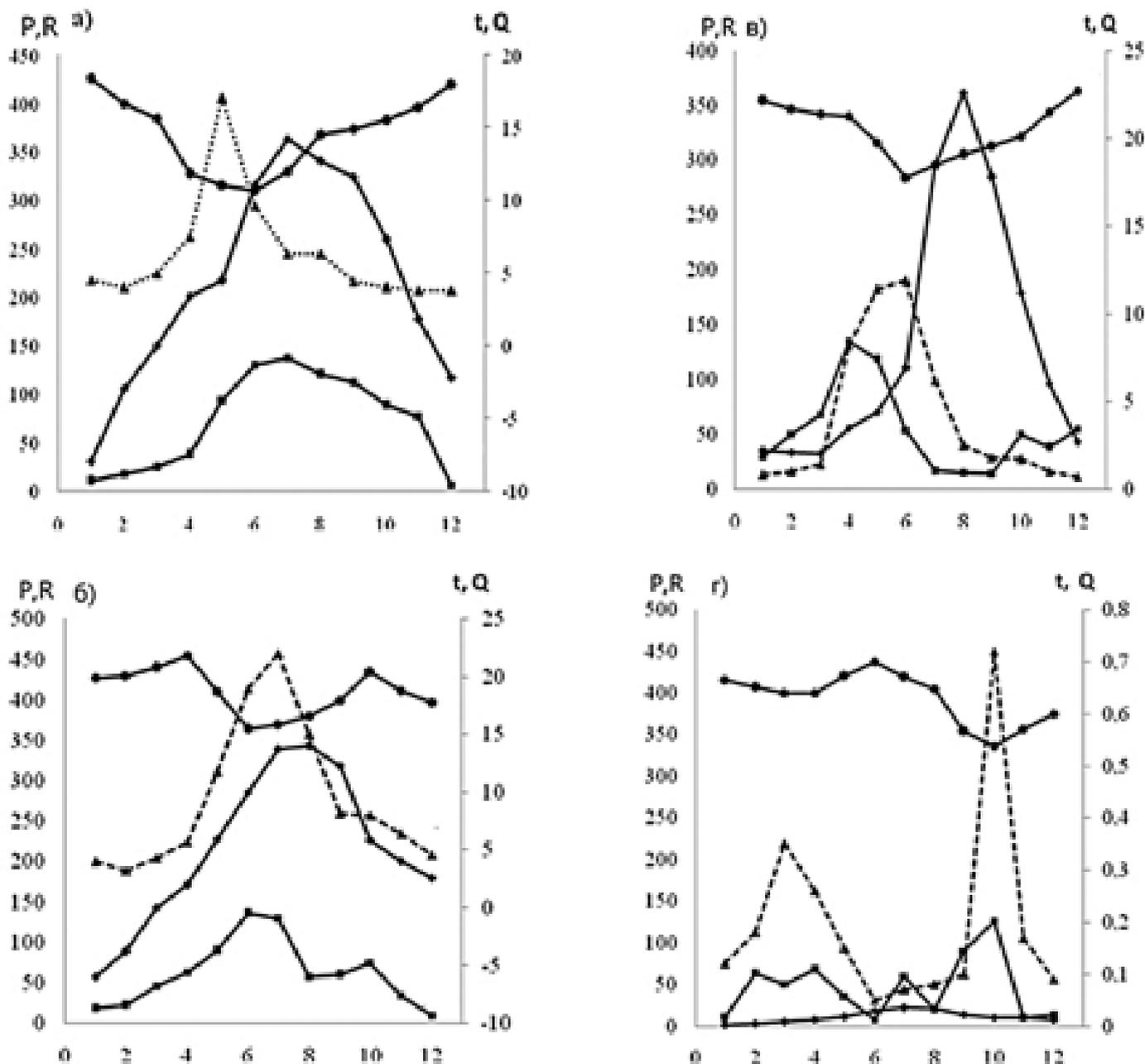


**Рис. 1.** Связь между среднегодовыми величинами расходов взвешенных наносов ( $R$ , кг/с) и воды ( $Q$ , м³/с).

средней линии связи. В качестве примера на рис. 1 приведены графики  $R = f(Q)$  в створе Кюпчал р. Кудиалчай.

Значительная роль в формировании стока взвешенных наносов принадлежит геолого-геоморфологическим условиям. При рассмотрении двух крупных горных регионов — Большой и Малый Кавказ, можно отметить, что разнообразие литологического состава пород, слагающих их, сказывается на особенностях формирования и режим стока наносов.

Сложенный ниже- и среднеюрскими сланцами, аргиллитами, песчаниками, верхнеюрскими и нижнемеловыми карбонатными породами (известняковистыми песчаниками, мергелями и глинами), Большой Кавказ в большей степени подвержен эрозии, чем Малый Кавказ, литологически представленный толщей вулканогенно-осадочных пород и кварцевых порфиритов, андезитовыми и андезитобазальтовыми лавами верхнего плиоцена и четвертичного периода, которые характеризуются относительно высокой противоэрозионной устойчивостью. Отметим, что одним из слабоизученных вопросов, рассматриваемых в теории речных наносов, являются вопросы, связанные с влиянием геологических факторов, в частности тектонических движений, на условия их формирования. Характер и интенсивность экзогенных процессов зависят как от современного рельефа, так и от амплитуд направленности и особенностей тектонических движений в неотектоническом этапе развития Кавказа [8]. Тектоника может существенно влиять на процессы формирования стока наносов. По этому поводу



**Рис. 2.** Совмещенные графики внутригодичного хода изменения среднемесячных величин температуры воздуха (t), осадков (P), расходов воды (Q) и взвешенных наносов (R);

а) Малый Кавказ, б) Большой Кавказ, в) Нахичеванская АР, г) Ленкоранская природная область.

в [9] отмечена необходимость постановки комплексных исследований процессов формирования стока наносов, учитывающих современные тектонические процессы и общую тенденцию развития рельефа.

Данные систематических высокоточных повторных измерений вдоль основных линий нивелирования на всей территории Кавказа позволили [8] оценить современную динамику морфоструктур. Согласно этому исследованию, в целом для горных

сооружений Кавказа отмечается нарастание интенсивности и контрастности современных тектонических движений с запада на восток, в сторону активизированной Арало-Каспийской области (что наследует тенденцию четвертичного и неотектонического этапа). Интенсивность современного поднятия возрастает также от предгорной зоны (4 мм/год) к высокогорьям (8 мм/год). В осевой зоне Большого Кавказа скорость поднятия достигает 15 мм/год.

Исследованиями ряда авторов [2, 6] установлена зависимость частного слоя смыва на различных высотных поясах от скорости на них современных вертикальных движений. На Малом Кавказе и в Талыше эта связь оказывается обратной, т.к. она подавляется обратной последовательностью смены литологических комплексов пород по устойчивости их к размыву. В противоположность этому на Большом Кавказе выявляется наличие прямой связи между интенсивностью смыва и современными тектоническими движениями, указывая на приуроченность наибольшей интенсивности денудации к области наибольших поднятий, а ее уменьшение — к периферии поднятия. По этому поводу в [6] отмечалось, что результаты взаимодействия тектоники и эрозии зависят, в основном, от скорости тектонических движений, интенсивности самой эрозии и противоэрозионной устойчивости пород. Однако отношение этих природных факторов в конкретных условиях оказывается весьма сложными, и «ведущими» в разных регионах часто сказываются различные факторы. Таким образом, можно отметить, что вулканогенные породы, широко распространенные на Малом Кавказе и Талыше, выветриваясь, распадаются на более крупные глыбовые материалы, валуны, щебень и гальку. Глинистые сланцы и песчаники, слагающие, главным образом, склоны Большого Кавказа, легко поддаются выветриванию и быстро измельчаются вследствие их литологической особенности и высокой тектонической трещиноватости. Данное положение не может не отразиться на формировании стока наносов.

Одним из наиболее активно действующих факторов, обуславливающих интенсивность процессов выветривания и разрушения горных склонов, а также транспортировку материалов разрыхления, является климат. Климатические условия Азербайджана отличаются многообразием и ярко выраженной вертикальной поясностью, обусловленной рельефом горных сооружений, экспозицией склонов и сложным взаиморасположением хребтов и внутригорных котловин. Например, обильное выпадение осадков в Талыше обусловлено, во-первых, близостью моря, во-вторых, круговым окаймлением с юго-западной стороны непрерывного горного кольца Талышского хребта. Такое расположение горных систем и близость моря при вторжении с севера, северо-востока и востока относительно холодных воз-

**Ключевые слова:** сток взвешенных наносов, факторы формирования, лесистость водосбора, климат, распаханность

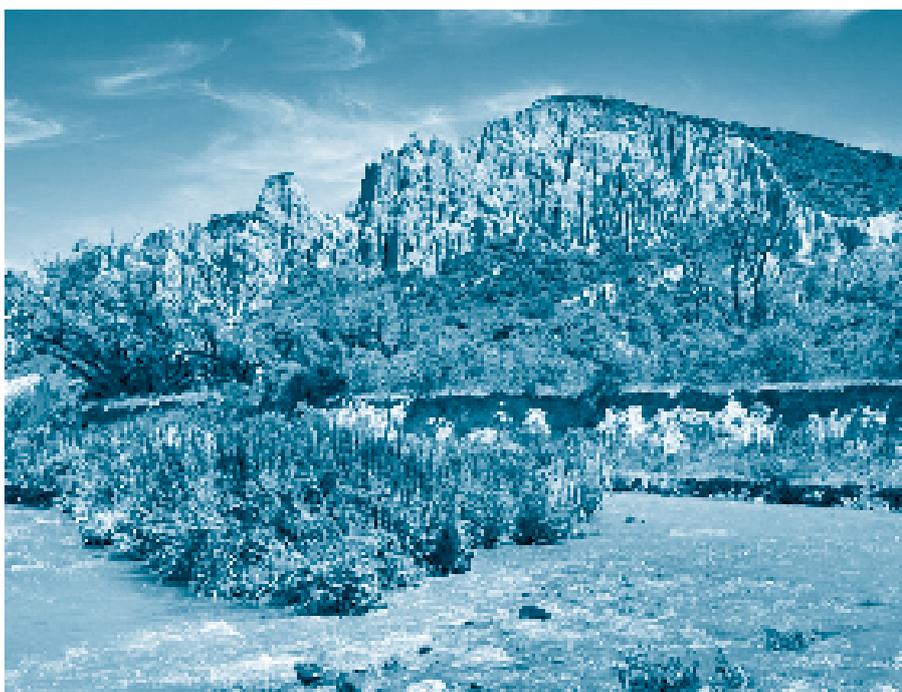
душных масс приводит к накоплению влаги, достаточной для осадконакопления.

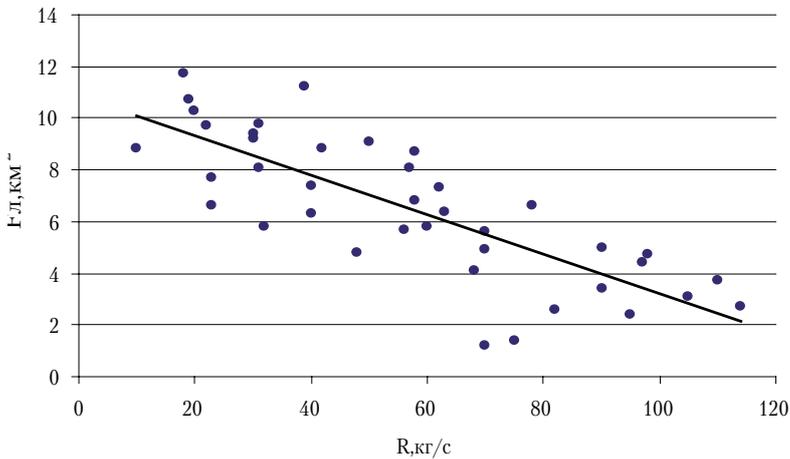
На южном склоне Главного Кавказского хребта выпадает до 1500-1600 мм, на Малом Кавказе — 800-900 мм, на юге Талыша — даже до 1700 мм и более осадков [12]. Однако при анализе процессов выветривания пород представляет наибольший интерес суточное колебание температуры воздуха. Данные наблюдений показывают, что суточные амплитуды температуры воздуха менее 1 °С встречаются весьма редко. Наиболее часто в зимние месяцы повторяются амплитуды порядка 4-7 °С.

Летом на побережьях и в горных местностях с хорошим турбулентным обменом (вершины, холмы) отмечены амплитуды порядка 7-10 °, а в местностях, благоприятных для ночных выхолаживаний, преобладают амплитуды 13-15 °. Максимальные суточные амплитуды по территории изменяются, преимущественно, в пределах 20-25 ° и наблюдаются, в основном, в зимне-весенние месяцы, достигая в некоторых пунктах (Губа) до 28,5 °.

Наиболее характерным в этом отношении является Нахичеванская АР, где по данным [9], суточная амплитуда температуры воздуха составляет в июле 25 °, в октябре 22 °, в апреле 20 ° и в январе 11 °.

Известно, что физическое выветривание наиболее характерно для высокогорных районов с резкими суточными колебаниями температуры [11]. Здесь днем поверхность





**Рис. 3.** Зависимость среднего годового расхода взвешенных наносов ( $R$ , кг/с) от степени заселенности ( $F_n$ ) водосборов горных рек Азербайджана.

пород сильно нагревается, а ночью, вследствие сильного излучения, охлаждается до  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже. Из-за периодического нагревания и остывания происходит постоянное изменение объема пород, чему способствует различная величина коэффициентов расширения материалов. В связи с тем, что покровные породы представлены различным материалом, происходит неравномерное изменение их объема, приводящее к растрескиванию вследствие нарушения связей внутри самих минералов и слагающих их пород. Поэтому одни участки склонов быстро разрушаются, а другие дольше сопротивляются выветриванию.

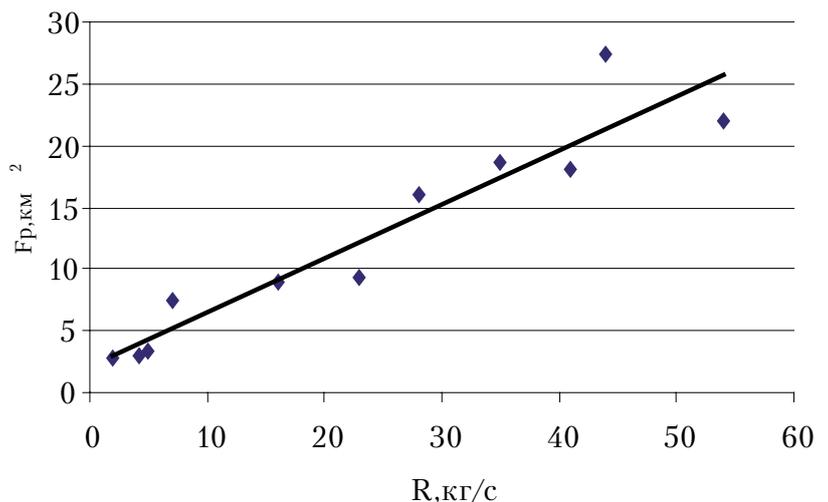
Следует отметить, что термические условия, количество выпадающих осадков и их характер оказывают существенное влияние на формирование стока наносов. Это влияние проявляется в различной степени для разных регионов Республики (рис. 2). Наибольшее соответствие хода метеорологических элементов с гидрологическими наблюдается на Малом и Большом Кавказе.

В Нахичеванской АР наблюдаются некоторые сдвиги этих элементов на 1-1,5 месяца. Это объясняется резко-континентальным климатом (холодной зимой и жарким летом). Осадки, максимум которых наблюдается в марте — апреле, выпадают, преимущественно, в виде снега. Последующее таяние в мае — июне, сопровождающееся дождями, способствует увеличению расходов воды и взвешенных наносов. Возрастание температуры воздуха (средняя температура

лета колеблется в пределах  $26-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) при уменьшающемся количестве осадков, увеличивает испарение и приводит к уменьшению водности рек.

Ленкоранская природная область, которая отличается от других регионов преимущественным и даже избыточным увлажнением, имеет умеренно-теплый климат с мягкой зимой, сухим летом и дождливой осенью. С мая до середины августа, когда стоит мало дождливая погода и засуха, выпадает всего 8-16 % годовых осадков [12]. Поскольку осадки здесь выпадают, главным образом, в холодное полугодие, то режим стока наносов в целом соответствует их годовому ходу. В питании рек Ленкоранской области основная роль принадлежит дождевым водам и в незначительной степени — снеговым, в связи с чем наблюдается несоответствие годового хода температуры воздуха стоку воды и наносов.

Известно, что состояние почвенно-растительного покрова в определенной степени представляет собой индикатор, отражающий воздействие факторов эрозии. Почвенный покров и растительность Азербайджана отличаются большой пестротой, обусловленной разнообразием физико-географических условий различных высотных поясов и экспозицией склонов горных сооружений. Как отмечалось выше, в формировании стока наносов важную роль играет сопротивляемость пород, в частности почвообразующих. Растительность, плотно связывающая своими корнями почву, как известно, играет важную защитную роль в процессе раз-



**Рис. 4.** Зависимость среднего годового расхода взвешенных наносов ( $R$ , кг/с) от степени распаханности ( $F_p$ ) водосборов горных рек Азербайджана.

рушения поверхности речных водосборов. Изменение почвенного покрова на горной территории обусловлено высотой местности [13]. В низменных районах до высоты 200 м широко распространены сероземные почвы и полупустынная, полынная, солянковая эфемерная естественная растительность. Предгорья (200-500 м) характеризуются каштановыми почвами и полупустынно-полустепной растительностью с кустарниками. Склоны гор в пределах высот 500-2000 м покрыты горнолесными почвами и широколиственными лесами, состоящими, в основном, из дуба, граба и бука. Выше 2000 м распространены горно-луговые почвы и разнотравные субальпийские луга и ковры летних пастбищ. Альпийские луга заканчиваются скальными обнажениями, гребнями и пиками отдельных вершин.

На склонах гор, в соответствии с интенсивностью денудационных процессов, накоплен обломочный материал значительной мощности. В пределах лесного пояса они, как правило, закреплены, чему способствует наличие лесной подстилки (2-5 см), ярко выраженный профиль, ореховатая структура увлажненных бурых горнолесных почв. Значительная часть лесных массивов, сосредоточенная в среднегорном поясе, представлена, в основном, буком восточным. Наличие значительной лесной подстилки способствует впитыванию и просачиванию выпадающих осадков, приводящим к резкому ослаблению поверхностного стока. Лесная подстилка надежно защищает почву от разрушения и смыва, повышая ее водопроницаемость. Она способна быстро поглощать в 2-6 раз больше воды, чем ее вес в воздушно сухом состоянии [6]. По данным [14], наибольшая влагоемкость подстилки достигает 350-400 %. Поэтому наличие леса существенно влияет на формирование стока наносов. Это положение хорошо иллюстрирует зависимость между расходом взвешенных наносов и лесистостью водосборов (рис. 3).

Из графика видно, что увеличение лесистости снижает сток наносов рек, уменьшая водоэрозионные процессы на их водосборах.

Отметим, что эта связь представлена в виде тенденции, т.к. водноэрозионный процесс по существу многофакторный. Это требует дальнейших поисков для разработки расчетных схем с использованием параметра лесистости водосборов исследуемых бассейнов.

Ряд факторов формирования стока наносов являются относительно неизменными. К ним можно отнести такие характеристики водосбора, как его площадь, средний

уклон и средняя высота, тип и состав грунтов, густота речной и овражно-балочной сети, глубина вреза русел, уклон реки.

Переменными и охватывающими небольшой период времени могут быть факторы, непосредственно отражающие состояние или изменение антропогенного воздействия на водосборы и реки. К таким факторам относятся, например, распаханность, заселенность, площади мелиоративных земель и зарегулированность стока путем гидротехнического строительства. Отрицательные последствия антропогенного фактора, способствующего усилению водной эрозии, заключаются в нарушении норм выпаса скота, вырубке лесов, при строительстве и эксплуатации различного рода гидротехнических сооружений и др.

Известно, что при вырубках и пожарах происходит ухудшение водно-физических свойств лесной подстилки и почв. Так, исследованиями [15] установлено, что модуль стока наносов, определенный для участка, где был произведен магистральный валок после рубки, составил 7,04 т/км<sup>2</sup>, а для неповрежденной части лесосеки — 0,17 т/км<sup>2</sup> (т.е. почти в 41,4 раза меньше). Подобная картина не является исключением и для водосборов горных рек Азербайджана. В пределах среднего горно-лесного пояса имеются участки, как например, в бассейне р. Демирапаранчай, где эрозионные процессы получили большое развитие (модуль стока наносов составляет 4700 т/км<sup>2</sup>) в связи с уничтожением леса и раскорчевкой пней [1].

Низкогорные части и предгорья, отличающиеся относительно высокой термической обеспеченностью, используются, в основном, как сельскохозяйственные угодья, где в ряде случаев производится вспашка вдоль склона, способствующая интенсивному развитию ирригационной и овражной эрозии. На рис. 4 наглядно иллюстрируется влияние распашки на сток наносов.

К сожалению, малочисленность данных о величинах распахиваемых площадей склонов на водосборах рек не позволяет охватить все речные водосборы. Однако имеющиеся сведения явно указывают на наличие существенного влияния распашки склонов на увеличение стока наносов.

Следует отметить, что на формирование стока наносов определенное влияние оказывают естественные регуляторы стока — озера и заболоченные участки. Однако из-за отсутствия данных об озерности и заболоченности исследуемых речных бассейнов анализ указанных факторов на настоящем этапе значительно затруднен.

## Заключение

Как видно из вышеизложенного, процесс формирования стока взвешенных наносов горных рек является весьма сложным и многофакторным. В современных условиях, в результате непрерывно возрастающей антропогенной деятельности влияние отдельных факторов в ряде случаев «затушевывается». Это во многом затрудняет выделение какого-либо из них в качестве доминирующего. Тем не менее, следует считать весьма актуальной задачу установления закономерностей формирования стока наносов с учетом параметров, учитывающих как общие условия, так и местные особенности различных регионов.

## Литература

1. Абдуев М. А. Гидрологические исследования стока наносов горных рек с естественным и нарушенным режимом (в пределах Азербайджана). Автореф. дисс... к-та геогр. наук. Баку, 1995. 24 с.
2. Ахундов С. А. Сток наносов горных рек Азербайджанской ССР. Баку: Изд-во Элм, 1978. 98 с.
3. Ахундов С. А. Современная денудация на горной территории Восточного Закавказья. // Журн. известия АН Азерб. ССР, сер. Наук о Земле. № 3, 1985, с. 87-93
4. Багиров И. Б. Сток взвешенных наносов рек бассейна р. Сулак. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 88 с.
5. Гусаров А. В. Тенденции изменения эрозии и стока взвешенных наносов на Земле во второй половине XX столетия. Автореф. дисс... к-та геогр. наук. Казань, 2005. 32 с.
6. Заславский М. Н. Эрозия почв. М.: Изд-во Мысль, 1979. 245 с
7. Эюбова Ф. А. Формирование и оценка стока взвешенных наносов рек северо-восточного склона Большого Кавказа (в пределах Азербайджанской ССР). Автореф. дисс... к-та геогр. наук. Тбилиси, 1983. 25 с.
8. Лилиенберг Д. А. Современные тектонические движения / Д. А. Лилиенберг, Н. Ш. Ширинов // Общая характеристика и история развития рельефа Кавказа. / Под ред. Д. А. Лилиенберга. М.: Наука, 1977. С. 45-59.
9. Мещеряков Ю. А. О теории экзогенных процессов // Современные экзогенные процессы рельефообразования / Под ред Ю. А. Мещерякова. М.: Наука, 1970. С. 15-22.
10. Кавецкая Г. Г. Температура воздуха // Климат Азербайджана / Под ред. А. А. Мадатзаде. Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1968. С. 69-82
11. Подобедов Н. С. Общая физическая география и геоморфология. М.: Изд. Недра, 1974. 312 с.
12. Шихлинский Э. М. Атмосферные осадки // Климат Азербайджана / Под ред. А. А. Мадатзаде. Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1968. С. 99-120.
13. Прилипко Л. И. Растительный покров Азербайджана. Баку: Изд-во Элм. 1970. 170 с.
14. Гаджиев Ф. А. Анализ условий развития антропогенной эрозии в Азербайджане. Автореф. дисс... д-ра геогр. наук. Баку, 1974. 58 с.
15. Краснощеков Ю. Н. О почвозащитной роли псевдотаежных листовничков в Центральном Хангае (МНР) // Современные аспекты изучения эрозионных процессов / Под ред. Ю. Н. Краснощеков. Новосибирск: Наука, 1980, С. 166-170.

M.A. Abduev, F.A. Eyubova

## FACTORS FORMING SUSPENDED MATTER RUN-OFF OF AZERBAIJAN MOUNTAIN RIVERS

Some physiographic factors (soil cover, geological structure, climate and river regime) influencing on formation of suspended matter run off were analyzed for Azerbaijan mountain rivers. Significant impact of these factors on changes of the run-off was revealed. Inverse relation between suspended matter run-off and forest cover of watershed was discovered.

**Key words:** suspended matter run-off, forming factors, forested watershed, climate, plow cover