

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БАСЕЙНА р. ТУРБИО (ВЕНЕСУЭЛА)

М. Ромеро

*Экологический факультет, Российский университет дружбы народов,
Подольское ш., 8/5, 113093, Москва, Россия*

Оценка геоэкологических условий предопределяет необходимость изучения гидрологического режима рек и состава поверхностных вод, поскольку последние являются одним из основных источников накопления загрязняющих веществ. Настоящая работа посвящена изучению гидрологического режима и гидрохимических особенностей рек, которые относятся к бассейну р. Турбио и расположены в северо-западной части Венесуэлы. Необходимость изучения поставленного вопроса связана с воздействием сельскохозяйственной деятельности на природную среду.

Водотоки, которые текут в этой части страны, относятся к двум большим речным системам главных бассейнов поверхностного стока — бассейна Карибского моря и бассейна р. Ориноко. Река Турбио берет начало в Кордильерах и протекает в северо-восточном направлении до Сьерра-Португеса, а затем резко меняет направление на юго-восток, пересекая низину Баркисимето-Яритагуа, и вливается в р. Кохедес. Река Кохедес через систему рек Португеса и Апуре впадает в р. Ориноко. Таким образом, река Турбио принадлежит бассейну р. Ориноко, которая впадает в Атлантический океан.

Рельеф водосбора реки Турбио отличается большим разнообразием. В бассейне р. Турбио можно выделить две зоны: внешнюю горную и низинную центральную.

Внешняя часть — это сформированный в южной части котловины один из двух горных хребтов, который отходит от юго-восточных отрогов Анд — Сьерра-Португеса, с высотами 1000-2200 м, где берут начало реки Турбио и Кларо. На северо-западе расположена горная система Кориано и горы Симара (1200 м). На северо-востоке поднимается Сьерра-Ароа — ответвление Береговой Кордильеры с абсолютными высотами 1200-1300 м. Площадь горной зоны составляет 392 км², что соответствует 22% исследуемой территории. Рельеф представлен горными склонами протяженностью 400-500 м и крутыми откосами с уклонами в среднем 30%; некоторые склоны характеризуются крутизной 60°. Горный рельеф осложнен разрывными дислокациями, которые обнажаются по берегам реки Турбио. Превышение между линиями водораздела и днищем прилегающих долин достигает 600 м. Тектонический тип рельефа способствует развитию эрозионных процессов, интенсивность которых возрастает на участках, используемых для сельскохозяйственной деятельности.

У подножья гор ниже уровня 1000 м до высоты приблизительно 700 м, выделяется пояс низкогорья, который представлен холмами, образовавшимися вследствие эрозии горных пород, смещения материала и разрушения блоков. Площадь этой зоны 532 км², что соответствует 30% речного бассейна. В рельефе сочетаются плоские террасы и долины, протяженность склонов которых изменяется от 100 до 500 м, а уклон составляет 15-30%. Для низкогорья характерен делювиальный снос; мощные конусы делювия используются для культурной обработки земли.

Центральная часть водосбора плоская и низкая. Рельеф изменяется от отметок 500 м до 700 м и представлен чередованием плоских сухих участков с волнистыми поверхностями и пологими склонами 5-15%, местами холмистыми. Высота холмов составляет около 900 м. Сухость этого ландшафта усиливается из-за

глубоких и нерегулярных борозд и рытвин, вызванных эрозией во время ливневых дождей. Эта часть бассейна относится к зоне пониженной аккумуляции. Абсолютные отметки составляют 700 м, общая площадь 840 км², что соответствует 48% площади речного бассейна; в долине реки на отдельных участках прослеживаются речные террасы. На широкой надпойменной террасе расположен город Баркисимето. Начиная с населенного пункта Антильяно вдоль р. Турбио наблюдается процесс речной аккумуляции.

Межгорные долины достигают ширины 500 м, сформированы аллювиальными и коллювиально-делювиальными отложениями.

Долина р. Турбио протягивается узкой закрытой полосой V-образной формы, приуроченной к региональному разлому Боконо. Форма долины характерна для молодых межгорных долин, в районе Сан-Мигеля она отделяется от разлома, расширяясь до 800 м.

Долина р. Кларо простирается на северо-восток, длиной 25 км и шириной 500-1000 м. Она характеризуется мощной толщей водонасыщенных аллювиальных отложений, которые формируют водоносной горизонт. Ее морфология соответствует морфологии зрелой долины.

Климат описываемого района отвечает субэкваториальному поясу, который включает субтропическую Атлантическую зону высокого давления и теплого и сухого воздуха (дефицит осадков) и экваториальную зону низкого давления и теплого влажного воздуха (частые интенсивные осадки). Характеру климата соответствует постоянство температуры в течение всего года и сезонный характер осадков (засушливый период и сезон дождей). Анализ метеорологических данных позволяет выделить в исследуемом районе три зоны: андийскую зону, зону подножья гор и холмов и зону низины.

Андийская зона характеризуется большими амплитудами температур, связанными с высотной зональностью. Среднегодовая температура составляет 22°C, уменьшаясь с высотой. На вершинах горных цепей средняя годовая температура 15°C, температурный градиент 0,6°C. Осадки имеют сезонный характер, с двумя максимумами в мае и достигают пикового значения в октябре-ноябре. Количество осадков составляет 2024 мм/год. Норма испарения 25 мм/год. В сезон дождей преобладают восходящие потоки в сторону гор, а в засушливый сезон — нисходящие. Показатель аридности Гауссена показывает, что атмосферные осадки превышают испарения, что определяет описываемую зону как гумидную.

В зоне подножья гор и холмов среднегодовая температура составляет 22-24°C. По количеству выпадающих осадков в этой зоне можно выделить две области: более засушливая северная область и долина р. Турбио. В долине выпадает 702 мм в год, норма испарения 34 мм/год, что соответствует полуаридной зоне и дефициту влажности.

В зоне низины Баркисимето среднегодовая температура колеблется между 24-25°C. Режим осадков такой же, как в андийской зоне и зоне подножия гор. Количество осадков 512 мм/год. Норма испарения высокая: метеостанция Тамака — 1500 мм/год, станция Яритагуа — 444 мм/год. Индекс аридности Гауссена превышает количество осадков, что позволяет отнести эту зону к аридной.

Гидрографическая и гидрологическая характеристики. Проведенные исследования относятся к участку р. Турбио от ее истока до замыкающего створа в г. Яритагуа, протяженность которого составляет 85,5 км.

В табл. 1 приводится перечень левобережных и правобережных притоков р. Турбио на исследуемом участке.

Таблица 1

Притоки р. Турбио

Правобережные притоки	Левобережные притоки
Реки: Кларо, Де-Оро, Ла-Эскальера, Эль-Карро, Кабельо, Ла-Негра, Тихире, Эль-Молино. Ручьи: Табуре, Ла-Мата, Агуа-Бланка, Агуа-Негра	Ручьи: Ла-Руесга, Такаригуа, Нонавана, Дон-Хуан-Фелих, Гуарамал.

Наиболее водообильными среди правобережных притоков являются р. Кларо; левобережных – ручьи Ла-Руесга, Нонавана и Такаригуа.

Протяженность р. Кларо составляет 35 км, площадь водосбора 175 км², с уклоном водной поверхности 3,3%, исток реки расположен к югу от Баркисимето в Сьерре-Патрисера (1610 м). Главные притоки р. Кларо — ручьи Гуамиса, Дон-Хусто, Тиерра-де-Тинта, Гуаямуре, Ато-Виехо, Агуа-Бланка. Вдоль реки расположены населенные пункты.

Протяженность ручья Такаригуа составляет 35,7 км, площадь водосбора 320 км², исток расположен к северу Баркисимето в горах.

Ручей Ла-Руесга, площадь бассейна которого равна 520 км², протяженность 29 км и уклон водной поверхности около 0,3%. Огибает г. Баркисимето перед впадением в р. Турбио.

Ручей Нонавана рождается на северо-востоке Баркисимето в горах Сьерро-Парамито (800 м) и имеет длину 31,3 км, русло ручья параллельно руслу руч. Такаригуа при впадении.

Наряду с вышеперечисленными реками и ручьями в р. Турбио впадают многочисленные безымянные ручьи, которые увеличивают ее расход особенно во время дождливого сезона.

Река Турбио относится к типу горных водотоков, характеризующихся малой глубиной, значительными уклонами в верховьях водосбора, резкой разницей в высотах, глубокими долинами, высокой скоростью течения, высокой способностью механического волочения твердых частиц с гор до замыкающего створа, наличием дождевого питания в результате увеличения атмосферных осадков по высоте (рис.1). Характер водосбора тесно связан с дождливыми периодами, что определяет сезонный характер расхода.

Основным фактором, определяющим речной сток и его распределение по периодам года является климат. В зависимости от характера выпадения осадков в исследуемом районе различают ливневые и обложные осадки. Формирование поверхностного стока реки в зоне высокогорья и низкогорья определяется ливневыми атмосферными осадками. Для равнинных областей присущи обложные осадки небольшой интенсивности и значительной продолжительности. Суммарное среднегодовое количество осадков уменьшается от горных районов к равнине. Суммарное испарение включает испарение с поверхности воды и почвы, транспирацию, испарение воды, задержанной растениями при выпадении осадков. Испарение с поверхности воды зависит от атмосферного давления; испарение с поверхности почвы определяется ее составом (Железняков, 1984).

Расчет водного баланса, позволяющий определить среднегодовое суммарное испарение, проводился на основании данных гидрометеорологических станций, расположенных в бассейне р. Турбио. Основными компонентами водного баланса речного бассейна являются осадки **X**, сток **У**, испарение **Е** и изменение запасов влаги **И**.

$$X=Y+E+I$$

По результатам многолетних наблюдений значение **И** можно принять равным нулю. Таким образом, норма годового суммарного испарения равна норме осадков за вычетом нормы стока: **Е=X-У**. В табл. 2 приводится рас-

чет водного баланса для некоторых гидрометеорологических станций по долине р. Турбио, из которого видно, что чем выше по течению реки, тем меньше величина испаряемости.

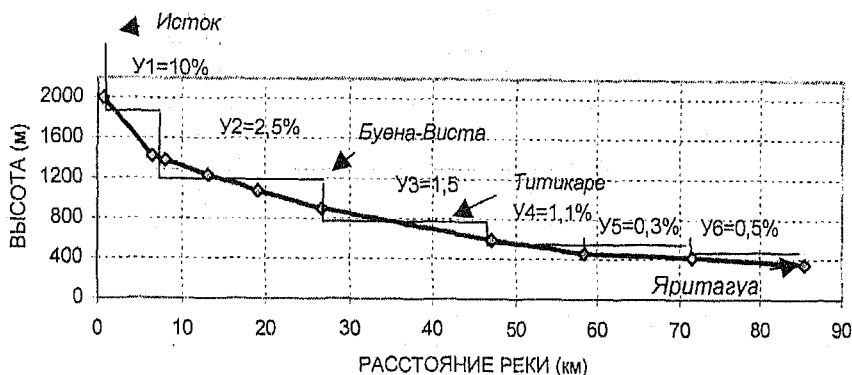


Рис. 1. Уклоны водной поверхности р. Турбио

Кроме климата, на процессы формирования стока оказывают влияние факторы, связанные с рельефом, величиной и формой бассейна, геологическим строением района.

Таблица 2

Водный баланс для некоторых гидрометеорологических станций по долине р. Турбио

Гидрометеорологическая станция	Площадь водосбора, км ²	Годовая норма осадков X, мм	Норма годового стока Y, мм	Норма годового суммарного испарения E, мм
Буэна-Виста (860 м)	144	722	697	25
Баркисимето (535 м)	256	612	478	34
Яритагуа (350 м)	1760	543	99	444

Влияние рельефа поверхности на речной сток проявляется различно. С одной стороны, характер рельефа определяет поверхностный сток, с увеличением уклона интенсивно развивается гидрографическая сеть, густота ее увеличивает, а, следовательно, при прочих равных условиях, сток будет большим. С другой стороны, характером рельефа определяется водоудерживающая (аккумулирующая) способность: часть воды, поступающей в бассейн, задерживаемая в понижениях рельефа, не стекает до тех пор, пока эти формы не будут заполнены. В пониженных частях бассейна р. Турбио (полуаридная зона), характеризующегося редкой гидрографической сетью, значительную часть занимают бессточные пространства. Осадки, выпадающие в этих районах, расходуются на интенсивное испарение и питание подземных вод, которые залегают здесь ниже русел и не участвуют в речном питании. Рельеф водосбора оказывает влияние на отдельные элементы водного баланса: осадки и испарение. Это влияние особенно выражено в горной местности, где с высотой увеличивается годовое количество осадков, температура воздуха снижается, что приводит к уменьшению испарения и увеличению стока.

К количественной характеристике речной сети относится ее густота. Наиболее густой сетью характеризуются горные районы. При абсолютных отметках 2200-900 м густота речной сети составляет около 1 км/км^2 . Относительно высокая степень расчленения речной сети в горной зоне определяет хороший дренаж, быструю реакцию водосбора на атмосферные осадки и интенсивное развитие эрозионных процессов. К низине этот показатель снижается, достигая $0,31 \text{ км/км}^2$ и менее, условия дренажа ухудшаются, водосбор медленно реагирует на атмосферные осадки, эрозионные процессы замедляются.

Влияние почвенного покрова на характер стока зависит от водно-физических свойств почв. При относительно высокой инфильтрационной и слабой водоудерживающей способности большая часть осадков просачивается через почвогрунты, достигает уровня грунтовых вод, пополняя их запасы. В этом случае поверхностный сток уменьшается, а распределение стока будет равномерным в результате увеличения подземного стока в маловодный период. При слабой инфильтрации и высокой водоудерживающей способности почв вся атмосферная влага стекает по поверхности бассейна, поверхностный сток увеличивается.

Геологическое строение бассейна оказывает значительное влияние на соотношение поверхностного и подземного стока и влияет на оценку питания реки. При широком распространении в горной зоне и предгорьях трещиноватых водопроницаемых пород, которые являются аккумуляторами влаги, роль подземного питания может увеличиться.

Под влиянием лесов половодья оказываются более растянутыми. Неровности микрорельефа замедляют сток воды и, вместе с корневой системой, увеличивают инфильтрацию.

Распределение водных ресурсов по бассейну неравномерно: выделяются зоны как с избытком поверхностного стока, так и с его недостатком. Минимальный сток приходится на низину Баркисимето. Модули поверхностного стока изменяются в широких пределах от $0,4$ до $5,5 \text{ л/с на км}^2$. Средний годовой модуль стока бассейна р. Турбио составляет $5,5 \text{ л/с на км}^2$.

Сток реки изменчив в течение года и связан с внутригодовым распределением атмосферных осадков. Для изученного района существуют два периода максимального расхода — май-июль и октябрь-ноябрь, что определяется атмосферным питанием.

В табл. 3 охарактеризованы природные условия, определяющие гидрологические условия р. Турбио.

Таблица 3

Природные условия, определяющие гидрологическую характеристику р. Турбио

Характеристика рельефа	Высокогорье Абс. отм. 1000-2200 м	Низкогорье Абс. отм. 700-1000 м	Равнина Абс. отм. 500-700 м
Климат	гумидный	полуаридный	аридный
Количество осадков, мм/год	2024	722	491
Норма годового суммарного испарения, мм	25	34	444
Площадь водосбора, км ²	144	256	1760
Среднегодовой объем воды в р. Турбио, м ³	100 248 480	122 359 680	173 448 000

Анализ приведенных данных показывает, что формирование стока р. Турбио связано с характером рельефа и режимом атмосферных осадков. В горной зоне среднегодовой объем воды составляет 100284489 м^3 , а площадь водосбора соответствует 144 км^2 . В низинной — объемы воды 122359680 м^3 площадь водосбора

256 км². Сравнение этих данных показывает, что при увеличении площади водосбора почти в 2 раза речной сток увеличился на 20 %. Между этими пунктами практически отсутствуют притоки, поэтому объем стока увеличился незначительно. На пункте Яритагуа среднегодовой объем стока и площадь водосбора составляют соответственно 173 448 000 м³ и 1760 км². Площадь водосбора до Яритагуа увеличилась почти в 12 раз, а речной сток — на 70%. Относительно небольшое увеличение речного стока при условии притоков на этом участке свидетельствует о ведущей роли испарения в водном балансе реки.

Гидрохимический состав воды. В процессе проведенных исследований были отобраны пробы речной воды по гидрологическим створам в засушливый и дождливый сезоны и определены значения общей минерализации и химический состав. В табл. 4 приводятся значения общей минерализации воды.

Таблица 4

Изменение минерализации воды (мг/л) р. Турбио от верховий до г. Яритагуа

№ точек опробования (от верховий до г. Яритагуа)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Засушливый сезон									
106,3	199,4	294,1	361,7	453,4	645,0	584,0	851,6	706,8	828,1
Влажный сезон									
93,9	149,0	216,8	318,4	359,5	363,2	416,8	538,1	624,8	762,7

Как видно из приведенных данных, значение общей минерализации возрастает от истока вниз по долине. Для влажного сезона суммарная концентрация водорастворимых солей в воде меньше по сравнению с сухим сезоном, что объясняется разбавлением при увеличении расходов реки. Сопоставление гидрологических характеристик р. Турбио и солевого состава показывает, что изменение минерализации в целом повторяет закономерности гидрологического режима. По интенсивности засоления вод р. Турбио может быть выделено три участка, которые относятся к горной области, среднегорью и равнине. Значения величин общей минерализации позволяет отнести исследуемые воды к пресным.

Анализ химического состава воды позволил рассчитать гипотетический состав солей (табл. 5) в соответствии с принятой методикой (Практикум, 1993). В таблице приводятся значения, соответствующие содержанию рассчитанных солей в мг-экв. на литр, и %эквивалентах для засушливого и дождливого сезонов.

Для засушливого сезона в исследованных пробах содержатся в преобладающем количестве гидрокарбонаты кальция и сульфаты кальция и магния. Подчиненное значение имеют сульфаты магния и хлориды. Следует отметить, что в зоне аридного климата значительно возрастает доля хлоридов. Для влажного сезона отмечается изменение солевого состава и появление отличных от сухого периода набора солей. У истоков р. Турбио в зоне высокогорья в период дождей в составе воды значительная доля приходится на бикарбонаты при отсутствии сульфатов кальция и магния. Это можно объяснить снижением среднесуточной температуры в этот период года. Для области среднегорья характерно появление сульфатов кальция и магния, содержание которых закономерно возрастает ниже по течению. Несмотря на высокую степень разбавления в период дождей содержание хлоридов в воде в зоне аридного климата значительно.

Анализ приведенных данных показывает, что гидрологические особенности р. Турбио и солевой состав воды определяются в основном климатом и рельефом ее бассейна.

ЛИТЕРАТУРА

Железняков Г. В. и др. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока. – М.: Колос, 1984. – 205 с.

Практикум по грунтоведению. М.: МГУ. 1993

HYDROLOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES TURBIO'S RIVER BASIN (VENEZUELA)**M. Romero**

*Ecological Faculty, Russian Peoples' Friendship University,
Podolskoye shosse, 8/5, 113093, Moscow, Russia*

The estimation of geocological conditions predetermines necessity of studying of a hydrological mode of the rivers and structure of superficial waters as the last are one of the basic sources of accumulation of polluting substances. The present work is devoted to study of a hydrological mode and hydrochemical features of the rivers which concern to Turbio's river basin, located in the northwest area of Venezuela. The necessity of studying the question is connected to influence of agricultural activity on the natural environment.
