

ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДЫ, ВЗВЕСИ И ДОННЫХ ОСАДКОВ р. ТУРБИО В СВЯЗИ С ХОЗЯЙСТВЕННЫМ ОСВОЕНИЕМ ТЕРРИТОРИИ

Е.В. Станис, Е.Н. Огородникова, М. Ромеро

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

В статье рассмотрены и обсуждены результаты наблюдений за химическим составом воды, взвеси и донных отложений в р. Турбио (Венесуэла). Было установлено, что вариации химического состава связаны как с природными особенностями территории, так и с влиянием населенных пунктов, промышленной и сельскохозяйственной деятельностью человека. В качестве индикатора влияния хозяйственной деятельности на водную систему р. Турбио может служить различная корреляция между гидрохимическими параметрами в засушливый период и период дождей.

Бассейн р. Турбио в пределах изучаемого района расположен в северо-западной части Венесуэлы и включает высокогорные юго-восточные отроги Анд — с высотами 1000-2200 м (верховья реки), низкотерье, представленное холмами высотой 1000-800 м, образовавшимися вследствие эрозии горных пород, смещения материала и разрушения блоков, и равнинной области, соответствующей речным долинам. Протяженность р. Турбио от истока до замыкающего створа в г. Яритагуа составляет 85,5 км. Для верховьев характерны значительные уклоны поверхности до 10%, в среднем течении величина уклона 2,5-1,5%, а на отрезке Титикаре-Яритагуа — 1-0,5%.

Климат района отвечает субэкваториальному поясу, для которого отмечается постоянство температуры в течение всего года и сезонный характер осадков (засушливый период и сезон дождей). Горная область — верховья р. Турбио — характеризуется гумидным климатом, так как количество атмосферных осадков (2024 мм/год) намного превышает норму годового суммарного испарения (25 мм/год). В предгорьях Анд жаркий полувлажный климат при соотношении количества атмосферных осадков и норме годового суммарного испарения соответственно 722 и 34 мм/год. В жарком полупустынном климате равнинной области большую часть года испарение превышает атмосферные осадки.

Река Турбио характеризуется преимущественно поверхностным питанием за счет обильных сезонных атмосферных осадков. В верховьях баланс питания складывается из атмосферных осадков и таяния ледников. Водный баланс для некоторых метеорологических станций по долине р. Турбио представлен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Водный баланс для некоторых метеорологических станций по долине р. Турбио

Пункт наблюдения	Площадь водосбора	Годовые нормы, мм		
		осадков	стока	испарения
Бисна Виста	144	772	679	25
Баркисимето	256	612	478	34
Яритагуа	1760	543	99	444

Эрозионная деятельность реки приводит к растворению и выносу значительного количества материала, который транспортируется вниз по долине в растворе (твердые растворенные вещества), во взвеси (взвешенные частицы) и в составе донных осадков, формирующихся на протяжении русла [1]. Состав пород в долине реки представлен терригенными, карбонатно-терригенными и метаморфическими формациями триаса, юры и мела. Это известняки, мергели, песчаники, глинистые сланцы разной степени метаморфизма, мрамор, конгломераты с карбонатным цементом. Литолого-генетические типы четвертичных отложений — элювиальные, гравитационные, делювиально-пролювиальные, делювиально-аллювиальные и аллювиальные разности. Элювиальные, гравитационные, делювиально-пролювиальные отложения состоят из грубообломочного материала с примесью песка и глины. В делювиально-аллювиальных и аллювиальных отложениях преобладают песчаные и глинистые разности. В пределах селитебных территорий и на участках сельскохозяйственного освоения распространены техногенные отложения, которые по составу близки к природным разностям четвертичных отложений, содержат бытовые и промышленные отходы.

Бассейн реки Турбио вниз по течению от истока до поселка Яритауа в соответствии с природными условиями по техногенной нагрузке относится к трем зонам. Первая зона (зона высокогорья) — влияние деятельности человека незначительно, большие площади отведены Национальному парку Якамбу, и только в конце участка появляются фруктовые сады. Во второй зоне (зона среднегорья) развито сельскохозяйственное производство и распространены отдельные муниципальные населенные пункты. Третья зона (равнинная область) характеризуется интенсивным промышленным, сельскохозяйственным и селитебным освоением. В табл. 2 представлено соотношение площадей используемых и неиспользуемых земель в районе исследований.

Таблица 2

Соотношение площадей освоенных и неосвоенных земель к общей площади региона (%)
в зависимости от физико-географических условий

Вид освоения	Тип рельефа		
	высокогорье (I)	низкогорье (II)	равнина (III)
Селитебные территории	-	0,3 (4,8)	7,5(131,2)
Сельскохозяйственное освоение (растенисводство)	6,4 (112)	4,1(72)	8,1(144)
Пастбища, животноводство	1,8 (32)	3(53,6)	9,7(174,4)
Вырубка лесов			0,7(12)
Заповедные зоны	6,4(112)	4,5(80)	1,1(20)
Неосвоенные территории	7,9(137,6)	16,3(284,8)	22,2(386,6)

Для селитебных территорий характерно загрязнение поверхностных и подземных вод, обусловленное продуктами жизнедеятельности людей и животных (бытовыми отходами), отходами производственной деятельности, связанной в основном с переработкой сельскохозяйственной продукции и ливневыми, преимущественно поверхностными, стоками.

Сельскохозяйственная деятельность (растениеводство) определяет внесение удобрений и гербицидов, животноводство приводит к нитратному за-

грязнению, а выпас скота и вырубка лесов — к изменению растительного покрова, плоскостной эрозии и увеличению твердого стока.

Для проведения исследования было проанализировано 10 проб воды, взвеси и донных осадков реки для двух климатических сезонов года: периода засухи и дождей по створам, расположенным в трех типах физико-географических условий. Анализ включал характеристику гидрохимических параметров воды: температуру, рН, Eh, электропроводность, содержание растворенного кислорода, органического вещества, определения основных и сопутствующих элементов в воде, взвеси и донных осадках: Na, Cl, K, Mg, Ca, S, Zn, Mn, Cr, Cu, Pb, As, Cd. Определение поэлементного состава проводилось методами атомной адсорбции, турбидиметрии, потенциометрии и титрования.

Состав речной воды. Результаты анализов речной воды в периоды засухи и паводка представлены в табл. 3, степень минерализации и ионный состав рассчитаны и записаны в виде формулы Курлова.

Таблица 3

Химический состав воды р. Турбио по сезонам и пунктам наблюдения

№ пп	Рельеф	Пункты наблюдения	Засушливый сезон		Дожливый сезон	
			Состав воды, % - экв.	Eh/O ₂	Состав воды, % - экв.	Eh/O ₂
1	I	Исток реки	M _{105,1} HCO ₃ 55 SO ₄ 42 Cl 3 6,6 Ca71 Na 23 Mg 6	440/11,3	M _{93,9} HCO ₃ 90 SO ₄ 8 Cl 2 6,5 Ca59 Na 33 Mg 8	446/9,6
2		Ла-Флориды	M _{158,6} HCO ₃ 53 SO ₄ 45 Cl 2 6,7 Ca73 Na 22 Mg 5	495 / 9,3	M _{132,6} HCO ₃ 72 SO ₄ 24 Cl 4 6,7 Ca69 Na 24 Mg 7	446/9,3
3		Каррао	M _{292,7} HCO ₃ 59 SO ₄ 40 Cl 1 6,6 Ca71 Na 23 Mg 6	365 / 9,1	M _{190,2} HCO ₃ 58 SO ₄ 39 Cl 3 6,9 Ca75 Na 19 Mg 5	446/8,3
4		Эль-Мансал	M _{361,9} HCO ₃ 55 SO ₄ 44 Cl 1 6,5 Ca76 Na 16 Mg 8	380 / 8,8	M _{319,4} SO ₄ 54 HCO ₃ 44 Cl 2 7,0 Ca75 Na 16 Mg 8	406/8,8
5		Волькасин-то	M _{437,2} SO ₄ 52 HCO ₃ 46 Cl 1 6,5 Ca78 Na 14 Mg 8	390 / 8,1	M _{341,4} SO ₄ 52 HCO ₃ 46 Cl 2 6,9 Ca74 Na 17 Mg 8	414/9,4
6	II	Буена Виста	M _{612,2} SO ₄ 53 HCO ₃ 46 Cl 1 6,7 Ca67 Mg 22 Na 6	370 / 7,8	M _{365,5} SO ₄ 56 HCO ₃ 41 Cl 3 7,0 Ca75 Na 14 Mg 10	423/8,4
7		Титикаре	M _{565,8} SO ₄ 67 HCO ₃ 31 Cl 2 7,5 Ca69 Mg 18 Na 11	385 / 9,3	M _{403,5} SO ₄ 55 HCO ₃ 42 Cl 3 6,9 Ca75 Na 15 Mg 10	420/8,9
8	III	Санта Роза	M _{861,3} SO ₄ 48 HCO ₃ 41 Cl 11 6,8 Ca63 Na 24 Mg 12	350 / 8,3	M _{531,9} SO ₄ 61 HCO ₃ 36 Cl 3 6,9 Ca68 Na 21 Mg 11	358/7,5
9		Версача	M _{711,1} HCO ₃ 56 SO ₄ 26 Cl 18 6,4 Ca51 Na 32 Mg 14	300 / 5,3	M _{603,5} SO ₄ 50 HCO ₃ 42 Cl 8 6,9 Ca64 Na 26 Mg 10	288/6,7
10		Яритагуа	M _{790,1} HCO ₃ 44 SO ₄ 42 Cl 14 6,9 Ca62 Na 22 Mg 15	-51 / 4,3	M _{646,7} SO ₄ 56 HCO ₃ 30 Cl 14 6,9 Ca67 Na 23 Mg 10	188/3,9

Как видно из приведенных данных, *общая минерализация речной воды*, отвечающая суммарному содержанию растворимых солей (М), изменяется вниз по течению р. Турбио от истока до пункта Яритагуа. В верховьях, на высокогорном участке, где питание реки осуществляется за счет таяния ледников и атмосферных осадков, отсутствует влияние загрязняющего фактора, общая минерализация незначительная, величины плотного остатка близкие как в период дождей, так и в сухой сезон. Ниже по течению различие в значениях общей минерализации в засушливый период и период дождей значительно отличаются. Установленная корреляционная зависимость между *электропроводностью и суммарным количеством растворенных веществ* показывает, что в горной местности и предгорьях этот показатель определяется природными факторами. Отсутствие этой зависимости ниже по течению реки в равнинной области, особенно в пределах населенных пунктов, заставляет оценить природу засоления как результат не только природного процесса, связанного с литологическим составом пород и климатическими

факторами, но и с техногенным воздействием, которое оказывают бытовые, сельскохозяйственные и промышленные неконтролируемые стоки.

Окислительно-восстановительный потенциал характеризует реакционную способность воды и определяет наличие органических соединений и неорганических компонентов, способных к окислению (табл. 3). Общий анализ этого параметра позволяет выделить два разных отрезка реки. До пункта Титикаре значения окислительно-восстановительного потенциала близки и варьируют в пределах 390-450 мВ в сезоны засухи и дождей. Начиная от пункта Санта Роза величина E_h уменьшается, что свидетельствует о смене окислительных условий на восстановительные. В засушливый сезон в пункте Яритагуа E_h принимает отрицательное значение. Окислительно-восстановительный потенциал контролирует содержание *растворенного кислорода* в воде. Растворимость кислорода зависит от атмосферного давления, температуры воды и количества растворенных солей. Такие вещества, как сера, $Fe(II)$ и органика являются главными связывающими агентами кислорода в воде. Считается, что уровни около 8 мг/л растворенного кислорода наиболее часто встречаются в природных водах. Содержание кислорода менее 8 мг/л в воде р. Турбио в равнинной области, где развиты селитебные территории, указывает на присутствие веществ, потребляющих кислород. Это уменьшение в концентрации растворенного кислорода, сопровождаемое уменьшением восстановительного потенциала (E_h), — очевидное следствие присутствия органического вещества, способного к окислению.

Анионный состав воды представлен бикарбонат-ионом, сульфат-ионом и хлорид-ионом. Источник ионов бикарбонатов в природных водах связан с растворением карбонатных пород в присутствии диоксида углерода и определяется карбонатным равновесием. Содержание бикарбонатов непосредственно связано с рН воды. В состав почти всех выделенных литолого-стратиграфических комплексов входят известняки, а песчаники и конгломераты сцементированы карбонатным цементом. Доля бикарбонат-иона в суммарном балансе анионов изменяется в составе воды реки Турбио по пунктам наблюдения. Как для засушливого, так и для дождливого сезона преобладающим анионом для участков среднегорья и равнины является сульфат-ион.

Содержание сульфат-ионов в речной воде определяется литологией пород, распространенных в водном бассейне, и соотношением растворимости карбонатов и сульфатов в зависимости от температуры. Породы юрского и мелового возраста представлены метаморфическими разностями, включающими гипс. Для литолого-стратиграфических комплексов Ароа и Рио-Абахо характерны месторождения сульфидов, окисляющихся в зоне гипергенеза до сульфатов. Анализ изменения содержания сульфат-иона в воде вдоль русла реки Турбио от истока до конечного пункта наблюдения (Яритагуа) показывает, что можно выделить три зоны. Первая зона отвечает участку, в котором отмечается тесная корреляция между значениями, определенными в период засухи и дождливый период ($R=0,9057$). Вторая зона соответствует территориям сельскохозяйственного освоения, использующего сульфат аммония в качестве удобрения, поступающего поверхностным стоком в реку в период дождей. В третьей зоне происходит последующее увеличение значения, что связано со сточными бытовыми и промышленными водами, которые сбрасываются в реку ниже г. Баркисимето.

Содержание хлор-ионов незначительно в верховьях и среднем течении; на равнине в период засухи количество иона хлора возрастает на порядок. В природных водах содержание хлорид-иона, вне участков аномального содер-

жания хлора в полезных ископаемых, связано с испарением воды океанов и морей и переносом атмосферными осадками. Увеличение содержания иона хлора в воде р. Турбио ниже г. Баркисимето (пункт Санта Роза) объясняется сельскохозяйственной деятельностью — выращиванием на этом участке долины сахарного тростника, культивирование которого связано с внесением хлорсодержащих соединений. Наряду с сельскохозяйственной деятельностью повышенному содержанию хлора способствует сброс промышленных и сточных вод города, содержащих хлор как обеззараживающее вещество.

Катионный состав воды связан с анионным составом и определяется для кальция и магния в основном бикарбонат-ионом, для натрия и калия — сульфат- и хлорид-ионами.

Состав взвеси. Для горных стран, к которым принадлежит изучаемая территория, характерно присутствие взвеси в речных водах. Это определяется значительными перепадами высот, скоростями водного потока, составом пород, способных к размыву, и интенсивностью атмосферных осадков. Изучение фазы взвеси имеет особое значение, так как в ее составе накапливаются тяжелые металлы, которые, адсорбируясь твердыми частицами, переносятся на значительные расстояния вдоль русла реки. Поэтому при решении задач, связанных с загрязнением окружающей среды, целесообразно наряду с химическим составом воды характеризовать состав взвеси, что позволяет оценить баланс загрязняющих веществ и выявить источники загрязнения.

В сезон дождей, на участке высокогорья, в реке Турбио концентрация взвеси изменяется в интервале от 3 до 4128 мг/л, уменьшаясь у пункта Титикаре до 15 мг/л (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Концентрация взвеси р. Турбио в период паводка (засухи) по пунктам наблюдения и содержание химических элементов в ее составе

Пункты наблюдения, (расходы реки, м ³ /с)	Концентрация взвеси, мг/л	Состав химических элементов, мг/кг; содержание углерода, %
Исток реки (0,6)	3 (0,0)	Каррао Ca 1415 Mg 845 Na 425 C 2 Zn 349 Cu 99 Pb 37 Cd 1,3
Ла-Флорида (1,5)	64 (12)	
Каррао (2,3)	1387(7)	
Эль-Мансал (2,1)	4799 (43)	Волькасинто Ca 4295 Mg 1100 Na 536 C 2,1 Zn 287 Cu 93 Pb 41 Cd 1,2
Волькасинто (7,8)	4128 (58)	
Бисна Виста (6,1)	2910 (38)	Яритагуа Ca 7970 Mg 980 Na 530 C 2,9 Zn 265 Cu 75 Pb 62 Cd 2,6
Титикаре (4,8)	15 (269)	
Санта Роза(5,4)	2582 (23)	
Версача (5,2)	4862 (312)	
Яритагуа (6,5)	2337 (138)	

Причина осветления воды у п. Титикаре связана с изменением морфологии русла, формированием зрелой долины, уменьшением скорости течения, что определяет процесс осадконакопления даже в сезон дождей. В засушливый сезон резкого увеличения концентрации взвеси не наблюдается, так как при относительно низких расходах и падении уровня эрозионные процессы затухают и берега перестают быть поставщиком взвешенного материала. В засушливый сезон у п. Титикаре концентрация взвеси больше, чем в дождливый сезон. Это объясняется техногенными причинами, которые связаны с водозабором и нарушением естественного стока. К пункту Версача, расположенному ниже по течению г. Баркисимето, концентрация взвеси составляет 4862 мг/л. Причина этого

увеличения связана с впадением р. Кларо и ручья Ла-Руеса, в составе вод которых в период дождей содержится значительное количество взвешенных частиц. Однако большая доля взвеси, вероятно, образуется также за счет вод, сбрасываемых г. Баркисимето, так как участок русла Титикаре-Вергача характеризуется меньшими расходами по сравнению с участком Волькасинто-Биена Виста и большим живым сечением реки.

Химический анализ взвеси осуществлялся в трех точках опробования. В пункте Каррао (№ 3) река Турбио заканчивает течение по горному участку. Пункт Волькасинто (№ 5) соответствует концу зоны крутого уклона и началу открытой долины, что определяет снижение скорости водного потока и ускорение процесса осадконакопления. Яритагуа (№ 10) — конечная точка участка наблюдения, где заметно изменение состава взвеси, которое начинается в пункте Волькасинто. До пункта Каррао химический состав материала взвеси зависит только от природных условий, так как это заповедные, почти необитаемые территории, где деятельность человека ограничена. На участке Каррао—Волькасинто появляются территории, занятые сельскохозяйственной деятельностью (табл. 2), которая способствует накоплению различных химических компонентов, как в составе воды, так и в составе взвеси. В Яритагуа сочетаются многообразные факторы, которые влияют на химический состав воды и взвеси. К ним относятся сельскохозяйственная деятельность, промышленные и бытовые стоки города Баркисимето и прилегающих населенных пунктов.

Полученные результаты, представленные в табл. 4, показывают, что элементы кальция, натрия и магния в составе взвеси соответствуют катионному составу воды; цинк, медь, свинец и кадмий, не определенные в составе воды, содержатся в материале взвеси. Содержание тяжелых металлов в пунктах Каррао и Волькасинто обусловлено разведанным и законсервированным месторождением полиметаллических руд в породах комплекса Арора, распространенных в верховьях бассейна р. Турбио. Высказанное предположение подтверждается количественным соотношением элементов в составе взвеси. В связи с осветлением воды в районе Титикаре во время паводка можно предположить, что большая часть этой взвеси формирует донные отложения. Увеличение мутности потока ниже по течению связано с увеличением площади водосбора и привнесением нового материала, не содержащего эти компоненты, так как отсутствует природный источник их формирования. Однако в пункте Яритагуа в анализе взвеси тяжелые металлы присутствуют. Особое внимание обращает на себя увеличение содержания кадмия почти в 2 раза. Вышесказанное позволяет сделать вывод о техногенном загрязнении взвеси тяжелыми металлами в пункте Яритагуа.

Органическое вещество (суммарный углерод) поступает в состав взвеси за счет плоскостной эрозии и нарушения почвенного покрова. Однако по долине реки Турбио наблюдается почвенная зональность от бурых лесных разновидностей до пустынных, что определяет природное уменьшение содержания общего углерода в валовом составе. Анализ полученных материалов показывает увеличение содержания органического углерода в составе взвеси, что позволяет предположить его техногенное происхождение (пункт Яритагуа). Высказанное предположение подтверждается пониженными величинами E_n и снижением содержания кислорода в воде в дождливый сезон.

Состав осадка. Анализ химического состава речных осадков в период засухи и дождей показывает уменьшение содержания всех исследованных элементов в результате разбавления. Содержание натрия, магния и суммарного углерода характеризуются уровнями концентраций в осадке, соответствующими уров-

ниям концентраций этих элементов во взвеси по пунктам наблюдения (табл. 5), что свидетельствует о сходстве состава частиц взвеси и осадков.

Т а б л и ц а 5

Концентрация макрокомпонентов в осадке р. Турбио в период засухи (числитель дроби) и паводка (знаменатель дроби) по пунктам наблюдения

Пункты наблюдения	Состав химических элементов, мг/кг; содержание углерода, %
Исток реки	Ca 1447 K 1059 Mg 647 Na 388 C 1,7 Ca 1210 K 1145 Mg 593 Na 280 C 1,5
Ла-Флорида	Ca 2083 K 1232 Mg 1083 Na 576 C 0,9 Ca 1680 Mg 1193 K 404 Na 265 C 0,6
Каррао	Ca 5553 K 984 Mg 804 Na 344 C 2,0 Ca 4296 Mg 930 K 627 Na 264 C 1,1
Эль-Мансал	Ca 7073 Mg 886 K 779 Na 324 C 1,9 Ca 4601 K 1244 Mg 984 Na 663 C 1,9
Волькасинто	Ca 8596 Mg 947 K 595 Na 249 C 2,1 Ca 7175 Mg 1195 K 1038 Na 596 C 2,1
Биена Виста	Ca 8596 Mg 1093 K 576 Na 229 C 2,1 Ca 6053 Mg 1099 K 916 Na 497 C 1,8
Титикаре	Ca 14127 Mg 1027 K 696 Na 369 C 2,7 Ca 6854 Mg 944 K 502 Na 286 C 2,2
Санта Роза	Ca 11882 Mg 977 K 843 Na 512 C 2,5 Ca 4821 Mg 946 K 926 Na 512 C 2,6
Версача	Ca 4936 K 2351 Na 1019 Mg 653 C 13,9 Ca 7552 Mg 950 K 870 Na 529 C 2,5
Яритагуа	Ca 12883 K 911 Mg 816 Na 518 C 3,3 Ca 8848 Mg 921 K 754 Na 546 C 2,7

Количество кальция в осадке существенно превышает его содержание во взвеси. Это отличие особенно резко проявляется для точек опробования Каррао и Волькасинто. Наряду с уменьшением иона кальция во взвеси наблюдается его увеличение в составе воды. Эти различия сокращаются на последней точке опробования, когда концентрация взвеси увеличивается. Заметное увеличение калия в донных отложениях по сравнению с составом воды и взвеси в верховьях определяется природными факторами, а ниже по течению в пределах распространения освоенных территорий — техногенными причинами — внесением удобрений под сельскохозяйственные культуры. Содержание органического вещества в составе взвеси и донных осадков для горной области, представленного в основном углистым веществом, незначительно и определяется составом пород, размываемых рекой. От пункта Каррао до Санта-Роза (среднегорье) наблюдается слабое увеличение концентрации суммарного углерода, как прямое следствие впадения правобережных притоков с заметным содержанием углерода в их осадках и интенсификации процесса оседания за счет изменения морфологии долины. Высокое содержание органики в равнинной области в пункте Верагача 13,9% (среднее значение 5,6%) в сезон засухи можно объяснить промышленными и бытовыми стоками г. Баркисимето и заметным техногенным загрязнением.

Анализ содержания тяжелых металлов, определенных в разных точках опробования вдоль по долине р. Турбио от истока до Яритагуа в донных осадках, показывает, что можно выделить две группы химических элементов. В первую группу попадают цинк, медь, свинец и кадмий, содержание которых в осадках изменяется вдоль русла реки, во время паводка и засухи. Вторую группу составляют хром,

марганец и железо. Содержание этих элементов в осадках изменяется незначительно во всех точках исследования (табл. 6).

Таблица 6

Концентрация тяжелых металлов в осадке р. Турбио в период засухи (числитель дроби) и паводка (знаменатель дроби) по пунктам наблюдения

Пункты наблюдения	Состав химических элементов, мг/кг; содержание железа в %
Исток реки	<u>Zn 304 Cu 106 Pb 55 Cd 2,4 Cr 34 Mn 438 Fe 2,8</u> Zn 257 Cu 74 Pb 47 Cd 1,3 Cr 34 Mn 438 Fe 2,5
Ла-Флорида	<u>Zn 240 Cu 121 Pb 48 Cd 1,7 Cr 37 Mn 478 Fe 3,1</u> Zn 120 Cu 87 Pb 40 Cd 0,8 Cr 34 Mn 480 Fe 2,8
Каррао	<u>Zn 326 Cu 135 Pb 42 Cd 2,1 Cr 37 Mn 326 Fe 2,6</u> Zn 257 Cu 127 Pb 32 Cd 1,9 Cr 34 Mn 278 Fe 2,7
Эль-Мансал	<u>Zn 335 Cu 230 Pb 82 Cd 2,2 Cr 40 Mn 385 Fe 2,8</u> Zn 352 Cu 209 Pb 51 Cd 2,2 Cr 34 Mn 358 Fe 3,7
Волькасинто	<u>Zn 260 Cu 142 Pb 37 Cd 2,1 Cr 44 Mn 460 Fe 3,3</u> Zn 364 Cu 398 Pb 69 Cd 2,4 Cr 34 Mn 357 Fe 3,9
Биена Виста	<u>Zn 175 Cu 93 Pb 40 Cd 1,4 Cr 39 Mn 499 Fe 2,8</u> Zn 211 Cu 127 Pb 36 Cd 1,6 Cr 34 Mn 382 Fe 3,0
Титикаре	<u>Zn 141 Cu 69 Pb 48 Cd 1,1 Cr 34 Mn 459 Fe 2,5</u> Zn 146 Cu 97 Pb 35 Cd 1,4 Cr 34 Mn 363 Fe 2,6
Санта Роза	<u>Zn 120 Cu 70 Pb 44 Cd 1,1 Cr 44 Mn 358 Fe 2,9</u> Zn 115 Cu 65 Pb 33 Cd 1,1 Cr 34 Mn 365 Fe 2,5
Версача	<u>Zn 339 Cu 110 Pb 135 Cd 1,1 Cr 44 Mn 180 Fe 2,3</u>
Яритагуа	<u>Zn 110 Cu 68 Pb 56 Cd 1,2 Cr 26 Mn 291 Fe 2,2</u> Zn 210 Cu 53 Pb 60 Cd 1,4 Cr 34 Mn 379 Fe 2,4

Для участка реки, соответствующему высокогорью, концентрации свинца, железа, кадмия и хрома в осадках сопоставимы по значениям с концентрацией этих элементов во взвеси. Это соответствует природным закономерностям, определяющим систему взвесь-осадок. Медь содержится во взвеси в меньшем количестве по сравнению с осадком. Вероятно, соединения меди, попадая в воду р. Турбио и минуя состояние взвеси, переходят непосредственно в донный осадок. Содержание цинка и марганца во взвеси больше, чем в осадке, что определяет способность их миграции в фазе взвеси и подтверждается высокой миграционной способностью [2]. Для участка среднегорья суммарное содержание меди, свинца, цинка, железа, кадмия и хрома максимальное среди пунктов опробования. Причем количество этих элементов в осадках превышает их содержание во взвеси. Вероятно, это связано с режимом реки, переходом из условий высокогорного рельефа к открытой долине и уменьшением концентрации взвеси. Содержание марганца во взвеси и осадке наибольшее для этих точек наблюдения. В равнинной области закономерности, отмеченные в предыдущей точке, правомерны для меди, цинка, кадмия и хрома. Эти элементы накапливаются во взвеси и осадках, их перенос осуществляется через взвесь. Содержание железа и свинца близки к данным, полученным на предыдущей точке наблюдения, а количество марганца уменьшается.

Сопоставление концентраций химических элементов в речной воде, взвеси и донных осадках р. Турбио показывает, что все три элемента водного потока находятся в условиях равновесия в природных условиях на территории высокогорья. Природные закономерности нарушаются техногенным воздействи-

ем: влиянием селитебной, промышленной и сельскохозяйственной деятельности человека. В качестве критерия техногенного загрязнения воды, взвеси и донных осадков р. Турбио может служить корреляционная зависимость состава каждого химического компонента в период дождя и период засухи. Попадание сточных вод, содержащих органические продукты жизнедеятельности человека, в воды реки приводит к окислительно-восстановительным реакциям, нарушению равновесного природного состояния, увеличению концентраций макрокомпонентов и появлению в осадках тяжелых металлов. Анализ приведенных данных позволяет сделать выводы о техногенном генезисе некоторых химических элементов и органического вещества в составе воды, взвеси и донных осадков р. Турбио.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ромеро М., Огородникова Е.Н., Станис Е.В. Оценка состава воды, взвеси и донных осадков р. Турбио в связи с хозяйственным освоением территории // Сергеевские чтения РАН. Выпуск 8. Инженерно-экологические изыскания в строительстве: Теоретические основы, методика, методы и практика. — М.: ГЕОС, 2006. — С. 139-143.
2. Перельман А.И. Геохимия. — М.: Высшая школа, 1989. — С. 137-140.

FORMATION OF HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF WATER, SUSPENSION AND BOTTOM SEDIMENTS OF TURBIO RIVER IN CONNECTION WITH ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE TERRITORY

E.V. Stanis, E.N. Ogorodnikova, M. Romero

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

The results of supervision over a chemical composition of water, suspension and bottom sediments in the river Turbio (Venezuela) are considered and discussed in the article. It was established that chemical composition variations are connected with nature conditions of the territory, influence of settlements, industrial and agricultural activities. Various correlation between different hydrochemical parameters during droughty period and the period of rains can serve the indicator of economic activities influence on Turbio river water system.
