

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ТРАНСГРАНИЧНОГО ПРИТОКА БИОГЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПО РЕКЕ ИЛЕ И ЕГО ТРАНСФОРМАЦИЯ ПО ТЕЧЕНИЮ РЕКИ

Н.А. Амиргалиев *д.г.н., профессор*, А. Мұсақұлқызы* *к.т.н.*, А. С. Мадибеков *PhD*,
ассоциированный профессор, Л. Т. Исмуханова *к.г.н.*, Б. М. Султанбекова

Институт географии и водной безопасности, Алматы, Казахстан
E-mail: mus_ain@mail.ru

В работе приводятся результаты исследований, посвященных оценке многолетней динамики объема трансграничного притока на территорию Казахстана биогенных соединений по реке Иле. На основе многолетнего материала Государственного мониторинга РГП «Казгидромет» рассмотрены особенности трансформации стока биогенных соединений (азота и фосфора) по течению реки с учетом влияния природных и антропогенных факторов. Приведены сведения о важности исследования биогенных веществ в формировании качества поверхностных вод, а также речного их стока в биологической продуктивности и санитарном режиме конечных водоемов. Показана роль трансграничного стока реки Иле, как основного фактора формирования режима биогенных веществ на территории Казахстана. Дана количественная оценка объема среднегодового притока этих соединений за 2003...2020 гг., и приведены основные факторы, определяющие трансформацию стока биогенных веществ по течению реки.

Ключевые слова: биогенный сток, трансформация, трансграничный приток, азот, фосфор.

Поступила: 18.03.24

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-113-2-57-66

ВВЕДЕНИЕ

Важной составной частью безопасности страны является экологическая безопасность. В этой связи особую тревогу вызывает продолжающееся антропогенное загрязнение главных водных бассейнов республики как трансграничным стоком, так и в результате сброса в них производственных, сельскохозяйственных и хозяйственно-бытовых сточных вод на территории республики. В этом отношении не является исключением трансграничная река Иле, являющаяся главной водной артерией бассейна озера Балкаш.

Трансграничные проблемы для Казахстана приобретают остроту не только в области сохранения оптимального объема притока речных вод в наши водные бассейны, но и в том, что происходит по трансграничным рекам приток различных токсичных соединений, взаимопроникновение чужеродных гидробионтов, в том числе рыб, привнос новых видов болезней рыб, поскольку территория Казахстана занимает нижнее

течение всех трансграничных водотоков.

В современных условиях ученые едины во мнении, что поиск критериев оценки антропогенной трансформации природных вод относится к важнейшим теоретическим и методическим вопросам гидрохимических исследований водных экосистем. Существенное влияние антропогенное воздействие оказывает не только на формирование режима химических элементов в природных водах, но и на речной сток этих соединений, поступающий в моря, океаны и внутренние бессточные водоемы.

Компонентный состав стока растворенных химических веществ формируется под влиянием таких факторов, как характер местного и регионального, в том числе и трансграничного, распространения загрязняющих веществ, биоаккумуляция многих загрязняющих веществ и вовлечение их в пищевые цепи биоценозов. Суммарный эффект этих факторов находит свое отражение по длине реки вплоть до замыкающих створов водотоков (Никаноров А. М. и др., 2010).

Изучение выноса химических веществ является одним из важных вопросов в условиях большого динамизма речного стока и химического состава воды под воздействием антропогенных факторов. Расчет стока химических веществ имеет большое значение не только для оценки ряда составляющих химического баланса и биологической продуктивности, но и для познания интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов, происходящих в бассейне реки. Следовательно, изучение многолетней динамики этого процесса позволяет глубже понять характер влияния тех или иных литологических и антропогенных факторов в бассейне на формирование химического состава и качества речной воды. Исследование этого вопроса особенно важно в современных условиях для оценки уровня загрязненности поступающих на территорию Казахстана трансграничных вод из сопредельных государств.

Загрязненность различными токсичными и биогенными соединениями трансграничных вод, притекающих с территории КНР по реке Иле, в течение многих лет регистрируется Государственной службой мониторинга на приграничном гидропосту (ГП). Согласно данным российских ученых (Крюков В. Г. и др., 2005), нарушение экологической обстановки в трансграничной реке Амур и ее притоков происходит под воздействием со стороны Китая таких факторов: аварийный и залповые сбросы экологически грязных производств, сброс в речную систему неочищенных производственных и сельскохозяйственных стоков, перенос токсикантов воздушным путем и др. В работе (Никаноров А. М. и др., 2013) отмечено, что на территории Китая более 200 предприятий работают без очистных сооружений.

Из многочисленных компонентов, представленных в природных водах, особо важное значение имеют соединения азота, фосфора и кремния. Без этих элементов в воде, как и в почве, не могли бы развиваться жизненные процессы. Соединения азота, кремния и фосфора определяют биологическую продуктивность водоемов и создают кормовую базу промысловых рыб, поэтому они

называются биогенными веществами.

Известно, что высокий уровень содержания минеральных форм азота и фосфора способствует повышению трофности экосистем водоемов и водотоков, что, в свою очередь, может привлечь за собой изменение структурно-функциональной организации гидробиоценозов в сторону усиления процессов антропогенного эвтрофирования.

По утверждению известного лимнолога (Россолимо Л.Л., 1974), основным следствием эвтрофирования водоемов является повышение их биопродуктивности и в первую очередь интенсификация «цветения» воды преимущественно синезелеными водорослями. В этом заключается принципиальное отличие эвтрофирования от загрязнения водоемов токсическими веществами, подавляющими жизнедеятельность организмов.

Ухудшение качества воды при эвтрофировании водоемов является следствием гиперпродукции органического вещества, обуславливающей вторичное биологическое загрязнение, или самозагрязнение. Накопление фосфора и азота в составе иловых отложений является одним из важных причин антропогенного эвтрофирования водоемов.

Следует отметить, что эвтрофирование водоемов и «цветение» воды, происходящие при повышении концентрации соединений азота и фосфора, существенно ухудшают особенно хозяйственно-питьевых качеств вод.

Озеро Балкаш – одно из крупнейших озер мира, существующее в условиях аридной зоны. Водоем этот отличается низкой биологической продуктивностью, особенно на первичном энергетическом уровне. Средняя рыбопродуктивность Балкаша 6...7 кг/га, что в 1,5; 2 и 13 раз ниже, чем в Балтийском, Каспийском и Азовском морях соответственно. Основной причиной низкой первичной продукции озера при наличии всех необходимых благоприятных природных условий является недостаточное количество в воде биогенных веществ, в первую очередь азота и фосфора. Главную роль в водном и химическом балансе оз. Балкаш имеет р. Иле, водным стоком которой на 75...80 % обеспечивается

данный водоем. По результатам наших исследований (Амиргалиев Н. А., Григорьева Э.Н., Шильниковская Л. С., 1984), на долю реки приходится в среднем 67,4 % от общего биогенного стока в озеро, вносимого в него всеми реками его бассейна.

Учитывая все изложенные выше, а также важность биогенных веществ в формировании качества вод и биологической продуктивности в бассейне озера Балкаш, основной целью проводимых исследований определены вопросы: количественная оценка объема трансграничного притока биогенных соединений по реке на территорию Казахстана за многолетний период, а также установление характера и основных природных, антропогенных факторов трансформации стока биогенных веществ по течению реки на территорию Республики.

Впервые сток биогенных элементов с территории СССР оценен (Алекиным О. А. и Бражниковой Л.В., 1964). В последнее десятилетие учеными Гидрохимического института и Института водных проблем РАН под руководством известного ученого, профессора А. М. Никанорова опубликован ряд обобщающих научных работ по гидроэкологическому состоянию целого ряда крупных рек РФ (Никаноров А. М. и др., 2010; Никаноров А. М. и др., 2013; Никаноров А. М., Брызгалов В.А., Косменко Л.С., 2010; Никаноров А. М. и др., 2011; Никаноров А. М., Брызгалов В.А., 2011). Особое внимание в них уделяется стоку химических соединений, в т.ч. биогенных элементов, как одному из главных факторов, определяющих характер антропогенной нагрузки на водные экосистемы.

Важной отличительной особенностью этих исследований являются оценка роли химического речного стока, в т.ч. биогенного, в антропогенной трансформации состояния водной среды, уровня антропогенной нагрузки по притоку химических веществ на конкретных участках рек, допустимой нагрузки по ПДК со стороны реки на устьевую область и других вопросов гидроэкологического характера.

Сток биогенных соединений для речных бассейнов Казахстана изучен недостаточно. Сведения по объему стока биогенных соединений в озеро Балкаш

всеми реками бассейна за 1967-1987 гг., в т.ч. по реке Иле были представлены в работах (Амиргалиев Н. А., Григорьева Э.Н., Шильниковская Л. С., 1984; Амиргалиев Н. А., Григорьева Э.Н., 1987), а по реке Сырдария в (Амиргалиев Н.А., 2007). Опубликованных сведений, посвященных данному вопросу по другим рекам Казахстана, в литературных источниках не встречаются.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

Количественная оценка биогенного стока по реке Иле и характер его временной динамики, основаны на мониторинговых данных РГП «Казгидромет» за 1967...1987 и 2003...2020 гг. Используются данные по водному стоку и содержанию биогенных соединений, получаемых на четырех гидропостах (ГП), расположенных по течению реки на территории Казахстана: пристань Добын – приграничный створ с КНР, 164 км выше Капшагайской ГЭС, 37 км ниже ГЭС и с. Ушжарма (замыкающий). Сток биогенных веществ рассчитывали по общепринятой методике (Алекин О. А., Бражникова Л.В., 1963).

Наиболее показательным критерием антропогенного поступления азота и фосфора с речным стоком использовано их отношение к минеральному растворенному кремнию, предложенное (Максимовой М. П., 1979).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

В работе (Амиргалиев Н. А., Григорьева Э.Н., Шильниковская Л. С., 1984), впервые посвященной оценке объема речного биогенного стока в озеро Балкаш, рассмотрен приток этих веществ в озеро всеми реками бассейна. В основу этих исследований были положены материалы Государственного мониторинга Казгидромет за 1967...1980 гг., полученные на замыкающих створах всех водотоков, а по реке Иле на данных по створу с. Ушжарма.

Полученные результаты показали большую изменчивость стока биогенных веществ в многолетний период в основном в зависимости от колебания водного стока в отдельные годы. При этом установлено, что относительная доля стока биогенных веществ реки Иле в озеро составляет 66,8...68,3 % от

суммарного речного притока этих соединений. Водный и суммарный биогенный сток изученных компонентов (соединения азота, фосфор, кремний и железо) реки Иле в озеро Балкаш менялись по периодам следующим образом: 1967...1969 гг., т.е. в период естественного режима реки, водный 11,8 км³/год, биогенный – 85,30 тыс. т, 1970...1975 гг. (при наличии Капшагайского водохранилища) водный 8,7 км³/год – биогенный 55,73 тыс. т, 1976...1980 гг. – соответственно 8,6 км³/год и 58,82 тыс. т.

Сопоставляя полученные данные по периодам, можно отметить следующее (таблица 1). Водный сток реки Иле после 1970 г. в связи с заполнением Капшагайского водохранилища и забором воды на орошение заметно сократился. В этот период соответственно уменьшился и суммарный сток биогенных веществ. В отдельные годы величина его снижалась до 30,16...35,86 тыс. т, по

сравнению с максимальными значениями 90,35 и 83,65 тыс. т, отмеченными соответственно в 1968 и 1969 гг. до зарегулирования реки.

Однако при этом сток минеральных форм азота не сократился, а для нитритов и нитратов он возрос. Сток остальных биогенных веществ существенно не изменился и в целом согласуется с колебаниями водного стока. Следует, однако, отметить, что сток фосфора подвергается достаточно резким изменениям, максимальные его величины в отдельные годы достигали для реки Иле 1,18 тыс. т, основной причиной, обуславливающей повышение в речных водах концентрация азота и в отдельных случаях фосфора, а также их стока, является поступление в речную сеть производственных, бытовых и сельскохозяйственных стоков.

Таблица 1

Биогенный сток реки Иле в озеро Балкаш, за 1967...1980 гг.

Период	Водный сток, км ³	Средние значения стока биогенных компонентов, тыс. т						
		NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	P	Si	Fe	Сумма
1967...1969	11,8	4,84	0,30	21,34	0,48	56,49	1,85	85,30
1970...1975	8,7	5,08	0,28	17,63	0,37	31,35	1,00	55,72
1976...1980	8,6	3,05	0,33	22,44	0,28	31,82	0,90	58,82

Сезонное распределение биогенного стока реки Иле в целом соответствовало колебанию водного стока и в 1967...1980 гг. составило: зимой 25,5 %, весной 22,4 %, летом 29,6 и осенью – 22,5 %.

Как известно (Максимова М.П., 1979), наиболее показательным индикатором антропогенного поступления азота и фосфора в

водотоки и водоемы может быть их соотношение к минеральному растворенному кремнию, как реперу, содержание которого за счет антропогенных факторов не возрастает.

Результаты расчета отношений Si/N и Si/P показали (таблица 2) постепенное снижение величины рассматриваемых отношений за указанные периоды.

Таблица 2

Величина отношения кремния к азоту и фосфору в воде реки Иле

Период, гг.	$\frac{Si}{N_{\text{сум. мин.}}}$	$\frac{Si}{P}$
	1967...1969	12,0
1970...1975	5,5	189
1976...1980	3,3	168

По результатам исследований, проведенных в последующие годы (Амиргалиев Н.А., Григорьева Э.Н., 1987), величины отношений между рассматриваемыми показателями в 1981...1985 гг. остались на уровне, отмеченном в 1976...1980 гг. и составили для Si/N – 3,3, для Si/P – 160. Эти данные, очевидно,

являются показателями усиления влияния антропогенных составляющих на сток биогенных элементов реки с начала 80-х годов.

В принятых нами для расчета стока биогенных соединений реки Иле материалах Государственного мониторинга Казгидромет за 2003...2022 гг., концентрация биогенных

элементов в речной воде изменяется в довольно широком диапазоне. Как следует из данных таблицы 3, наиболее высокие значения средних концентрации всех изучаемых соединений регистрируются в трансграничном

стоке (ГП Добын). Максимальные концентрации их достигали для аммонийного азота 0,73, нитритов – 0,17, и нитратов – 6,31 мг/дм³. Минеральный растворенный фосфор также колебался в пределах 0,009...0,240 мг/дм³.

Таблица 3
Концентрация биогенных веществ в воде реки Иле за 2003...2020 гг., мг/дм³

Створ	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	P
2003...2012 гг.				
ГП Добын	0,10	0,07	2,29	0,03
164 км выше Капшагайской ГЭС	0,08	0,03	0,95	0,02
ГП 37 км ниже Капшагайской ГЭС	0,04	0,01	0,76	0,02
ГП с. Ушжарма	0,05	0,01	1,00	0,03
2013...2020 гг.				
ГП Добын	0,45	0,05	2,35	0,13
164 км выше Капшагайской ГЭС	0,36	0,04	1,70	0,13
ГП 37 км ниже Капшагайской ГЭС	0,15	0,02	1,26	0,04
ГП с. Ушжарма	0,18	0,01	1,25	0,05

Как видно из данных таблицы 3, в речной воде ниже Капшагайской плотины происходит снижение содержания всех биогенных веществ. Это объясняется аккумулярованием их в водохранилище и потреблением водной растительностью, заросли которых, особенно в верховьях и южном побережье водоема, занимают достаточно большие площади.

Очевидно, роль Капшагайского водохранилища, протяженность которого около 80 км, площадь 1280 км², объем воды 16,0 км³, достаточно высока в трансформации биогенных веществ в стоке реки Иле. Следует предположить, что в пределах водохранилища происходит не только седиментация взвешенных биогенных и органических веществ и биомиграция биогенов, но и активные внутриводоемные

процессы, главным образом деструкция органических остатков водной флоры, фауны и круговорот биогенных соединений в водной экосистеме водохранилища. Известно, что эти процессы приводят к превышению расходной части в балансе биогенных соединений в водохранилище, о чем свидетельствует наблюдаемое заметное уменьшение их концентрации в воде, сбрасываемой в нижний бьеф водохранилища.

Результаты расчета среднегодового объема биогенного стока реки приведены в таблице 4. Объем водного стока за 2003...2012 гг. был значительно выше со средним значением по всем гидропостам 15,5 км³, а в 2013...2020 гг. составил в среднем 13,6 км³. Принимая это во внимание биогенный сток рассчитан отдельно по двум периодам.

Таблица 4
Среднегодовые значения биогенного стока реки Иле за 2003...2020 гг.

Створ	Водный сток, км ³	тыс. т				Сумма
		NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	P	
2003...2012 гг.						
ГП Добын	13,62	1,43	0,97	30,74	0,45	33,59
164 км выше Капшагайской ГЭС	15,79	1,50	0,38	16,07	0,41	18,36
ГП 37 км ниже Капшагайского ГЭС	16,54	0,69	0,18	12,42	0,40	13,69
ГП с. Ушжарма	16,00	0,48	0,20	15,41	0,51	16,59
2013...2020 гг.						
ГП Добын	13,29	6,31	0,62	23,21	1,81	31,95
164 км выше Капшагайской ГЭС	13,79	4,27	0,48	17,16	0,84	22,75
ГП 37 км ниже Капшагайского ГЭС	13,88	2,4	0,26	17,92	0,55	21,14
ГП с. Ушжарма	13,61	2,75	0,20	17,71	0,71	21,37

Из приводимого материала видно, что объем стока фосфора и соединений азотной группы, за исключением данных по приграничному посту для нитритного и нитратного азота, во втором периоде (2013...2020 гг.) был значительно выше во всех гидропостах, чем в первом, несмотря на то, что в первом периоде объем водного стока был выше. Это объясняется повышенным содержанием в воде указанных компонентов в маловодные 2013...2020 гг. Максимальный объем суммарного биогенного стока (33,59...31,95 тыс. т) за рассматриваемые периоды регистрируется в трансграничном стоке (ГП Добын), ниже по течению реки значения этого показателя заметно снижаются.

Внутригодовое распределение стока

биогенных веществ не везде по течению реки соответствует колебанию водного стока (таблицы 5). Максимальные значения биогенного стока реки на гидропостах, расположенных выше Капшагайского водохранилища, регистрируются весной, а у гидропостах ниже плотины – летом в первом и во втором периоде. За рассматриваемый многолетний период на гидропостах 164 км и с. Ушжарма наиболее высокий объем биогенного и водного стока зарегистрированы в одни те же сезоны, а на других гидропостах соответствие сроков максимальных значений этих показателей не наблюдалось. Минимальные объемы стока воды и биогенного стока в первом и во втором периоде зарегистрированы осенью и зимой.

Таблица 5
Сезонное распределение водного (а) и биогенного (б) стока реки Или за 2003...2020 гг., %

Сезон	ГП Добын		164 км выше Капшагайской ГЭС		ГП 37 км ниже Капшагайского ГЭС		ГП с. Ушжарма	
	а	б	а	б	а	б	а	б
2003...2012 гг.								
Зима	18,0	19,8	26,5	19,1	23,5	20,2	19,5	18,0
Весна	24,5	34,3	33,3	33,0	34,3	25,4	24,1	23,5
Лето	34,3	25,1	23,0	29,9	22,0	36,7	33,6	38,0
Осень	23,3	20,9	17,2	18,1	20,3	17,7	22,9	20,5
2013...2020 гг.								
Зима	20,9	16,8	24,8	21,0	24,5	20,6	18,8	18,8
Весна	24,9	36,2	27,5	30,5	36,5	29,0	25,6	30,1
Лето	27,3	27,8	26,6	22,1	19,1	35,0	35,2	35,9
Осень	26,8	19,2	21,1	26,5	19,9	15,4	20,4	15,2

Представляет интерес сравнение объемов притока в озеро Балкаш соединений азота и фосфора через гидропост Ушжарма за периоды 1967...1980 гг. и 2003...2020 гг. Как следует из данных таблиц 1 и 4, сток азотных соединений в озеро в последнее двадцатилетие имеет тенденцию заметного сокращения, хотя объем водного стока в годы данного периода был значительно выше. Более резкое снижение характерно для стока аммонийного азота (NH₄⁺), значения которого в 1967...1980 гг. составили 3,05...5,08 тыс. т, а в последнее двадцатилетие сократились до 0,48...2,75 тыс. т. Однако сток минерального растворенного фосфора в озеро Балкаш в 2003...2020 гг. заметно возрос с 0,28...0,48 тыс. т в годы первого периода до 0,51...0,71 тыс. т.

Сокращение стока азотных соедине-

ний на данном створе, очевидно, обусловлено некоторым сокращением использования минеральных удобрений в бассейне реки в последние десятилетия, а также оседанием в акватории Капшагайского водохранилища и в дельтовой зоне взвешенного органического материала и биологическим потреблением азота. Некоторый рост в последний период стока минерального растворенного фосфора может быть связан усилением денудационных процессов на поверхности водосборной территории реки в условиях повышения объема водного стока, а также доли местного склонового стока, поступающего в речную систему.

На основе приведенного выше материала следует отметить, что основным поставщиком биогенных соединений на территорию Казахстана является трансграничный сток

реки Иле. В таблице 4 показано, что через трансграничный ГП Добын поступало ежегодно в среднем 33,14 тыс. т азотных соединений и 0,45 тыс. т минерально-растворенного фосфора в 2003...2012 гг. а в последующий период 30,14 и 1,81 тыс. т, соответственно. Приток большого объема особенно азотных соединений из территорий КНР приводит к накоплению в воде трансграничной зоны и ниже по течению реки достаточно высокой концентраций азотных соединений. Трансграничный приток загрязняющих веществ и наличие источников антропогенного загрязнения на нашей территории приводят к заметному снижению санитарного состояния водных ресурсов реки.

Важную роль в трансформации биогенного стока реки Иле имеет Капшагайское водохранилище благодаря происходящим в нем активным процессам аккумуляции и биомиграции соединений азота и фосфора. Наблюдаемое несоответствие рассматриваемых биогенных веществ к водному стоку в целом закономерное явление, указывающее на наличие в водосборной части бассейна реки источников антропогенного загрязнения этими соединениями. Следовательно, рост концентрации биогенов происходит преимущественно за счет вносимых загрязнителей, а роль денудационных процессов в бассейне, очевидно, имеет подчиненное положение и зависит от интенсивности поступления в реку местного стока из водосборной территории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам ранее проведенных исследований установлено, что относительная доля стока биогенных веществ реки Иле в озеро Балкаш составляет 66,8...68,3 % от суммарного речного притока этих соединений. Выполненные расчеты отношений азотных соединений и фосфора к минеральному растворенному кремнию позволили установить, что усиление влияния антропогенных составляющих на сток биогенных элементов реки четко проявлялось с начала 80-х годов прошлого столетия.

Анализ многолетнего материала за 2003...2020 гг. показал значительной изменчивости биогенного стока реки Иле в межгодовом и внутригодовом аспекте в зависимости

от колебания водного стока и под влиянием ряда природных и антропогенных факторов в бассейне. К их числу относятся осаждение на акватории Капшагайского водохранилища взвешенных наносов органо-минерального происхождения, потребление азота и фосфора водной флорой, а также сельско-хозяйственные и другие виды сточных вод, поступающие в реку, роль денудационных процессов на водосборной территории бассейна наблюдается в сравнительно многоводные годы. Повышение концентрации биогенных соединений под влиянием антропогенных факторов и в маловодные периоды приводит к заметному росту биогенного стока реки.

Основным поставщиком биогенных веществ на территорию Казахстана является трансграничный сток по реке Иле. Соответственно и максимальный объем суммарного биогенного стока (33,59...31,95 тыс. т) за рассматриваемые периоды регистрируется в трансграничном стоке (ГП Добын), ниже по течению реки значения этого показателя заметно снижаются.

Работа выполнена в рамках грантового проекта ИРН АР19679150 «Закономерности антропогенной трансформации качества вод в трансграничных бассейнах, на примере бассейна реки Иле».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Косменко Л.С., Решетняк О.С. Роль химического речного стока в антропогенной трансформации состояния водной среды Енисейской устьевой области // Водные ресурсы. 2010. Том. 37. № 4. С.434-444.
2. Крюков В.Г., Воронов Б.А., Гаврилов А.В., Макаров А.В. Река Амур: проблемы и пути решения. – Хабаровск: Приамурское географическое общество, 2005. – 153 с.
3. Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Решетняк О.С., Косменко Л.С., Даниленко А.О. Антропогенная трансформация экологического состояния и транспорт загрязняющих веществ по длине реки Амур // Водное хозяйство России. – 2013. - №5. – С. 15-26.
4. Россолимо Л.Л. Антропогенное эвтрофирование внутренних водоемов: современные успехи и нерешенные вопросы // Антропогенное эвтрофирование водоемов (Тезисы докладов на Первом Всесоюзном симпозиуме по антропогенному эвтрофированию водоемов). – Черногловка, 1974. – С. 34-39.
5. Амиргалиев Н.А., Григорьева Э.Н., Шильниковская Л.С. Биогенный сток рек в озеро Балхаш // «Водные ресурсы». М.: «Наука», 1984. № 6. – С. 97-103.

6. Алекин О.А., Бразникова Л.В. Сто растворенных веществ с территории СССР. М: Наука, 1964. 143 с.
7. Никаноров А.М. Брызгалов В.А., Косменко Л.С. и др. Роль речного притока растворенных химических веществ в антропогенной трансформации состояния водной среды устьевой области р. Волга // Вода: химия и экология. – 2010. № 7. С. 6-12.
8. Никаноров А.М. Брызгалов В.А., Косменко Л.С., Кондакова М.Ю., Решетняк О.С. Антропогенной нагрузка на устьевую область р. Дон в современных условиях техногенного воздействия // Вода: химия и экология. – 2011. № 1. С. 4-10.
9. Никаноров А.М. Брызгалов В.А. Реки России. Часть IV. Реки Дальнего Востока (гидрохимия и гидроэкология) – Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2011. – 324 с.
10. Амиргалиев Н.А., Григорьева Э.Н. Антропогенная составляющая биогенного стока рек (как главный элемент экологического мониторинга поверхностных вод) бассейна оз. Балхаш // «Состояние и перспективы развития методологических основ химического и биологического мониторинга поверхностных вод суши». Ростов-на-Дону, 1987. Т. III. – С. 16-17.
11. Амиргалиев Н. А. Арало-Сырдарьинский бассейн: гидрохимия, проблемы водной токсикологии. – Алматы: ТОО Изд-во «Бастау», 2007. – 224 с.
12. Алекин О.А., Бразникова Л.В. Методы расчета ионного стока // Гидрохимические материалы. – 1963. – Т. 35. – С. 135-148.
13. Максимова М. П. Критерии антропогенного евтрофирования речного стока и расчет антропогенной составляющей биогенного стока рек // Водные ресурсы, №1, 1979. – С. 36-40.

REFERENCES

1. Nikanorov A.M. Bryzgalov V.A., Kosmenko L.S., Reshetnyak O.S. Rol' khimicheskogo rechnogo stoka v antropogennoi transformatsii sostoyaniya vodnoi sredy Eniseiskoi ust'evoi oblasti // Vodnye resursy. 2010. Tom. 37. № 4. P.434-444.
2. Kryukov V.G., Voronov B.A., Gavrillov A.V., Makarov A.V. Reka Amur: problemy i puti resheniya. – Khabarovsk: Priamurskoe geograficheskoe obshchestvo, 2005. – 153 p.
3. Nikanorov A.M., Bryzgalov V.A., Reshetnyak O.S.,

- Kosmenko L.S., Danilenko A.O. Antropogennaya transformatsiya ekologicheskogo sostoyaniya i transport zagryaznyayushchikh veshchestv po dline reki Amur // Vodnoe khozyaistvo Rossii. – 2013. – №5. – P. 15-26.
4. Rossolimo L.L. Antropogennoe evtrofirovaniye vnutrennikh vodoemov: sovremennye uspekhi i nereshennyye voprosy // Antropogennoe evtrofirovaniye vodoemov (Tezisy dokladov na Pervom Vsesoyuznom simpoziume po antropogennomu evtrofirovaniyu vodoemov). – Chernogolovka, 1974. – P. 34-39.
5. Amirgaliev N.A., Grigor'eva E.N., Shil'nikovskaya L.S. Biogennyi stok rek v ozero Balkhash // «Vodnye resursy». М.: «Nauka», 1984. № 6. – С. 97-103.
6. Alekin O.A., Brazhnikova L.V. Sto rastvorenykh veshchestv s territorii SSSR. М: Nauka, 1964. 143 p.
7. Nikanorov A.M. Bryzgalov V.A., Kosmenko L.S. i dr. Rol' rechnogo pritoka rastvorenykh khimicheskikh veshchestv v antropogennoi transformatsii sostoyaniya vodnoi sredy ust'evoi oblasti r. Volga // Voda: khimiya i ekologiya. – 2010. № 7. P. 6-12.
8. Nikanorov A.M. Bryzgalov V.A., Kosmenko L.S., Kondakova M.Yu., Reshetnyak O.S. Antropogennoi nagruzka na ust'evuyu oblast' r. Don v sovremennykh usloviyakh tekhnogennogo vozdeistviya // Voda: khimiya i ekologiya. – 2011. № 1. P. 4-10.
9. Nikanorov A.M. Bryzgalov V.A. Reki Rossii. Chast' IV. Reki Dal'nego Vostoka (gidrokhimiya i gidroekologiya) – Rostov-na-Donu: Izd-vo «NOK», 2011. – 324 p.
10. Amirgaliev N.A., Grigor'eva E.N. Antropogennaya sostavlyayushchaya biogennogo stoka rek (kak glavnyi element ekologicheskogo monitoringa poverkhnostnykh vod) basseina oz. Balkhash // «Sostoyanie i perspektivy razvitiya metodologicheskikh osnov khimicheskogo i biologicheskogo monitoringa poverkhnostnykh vod sushi». Rostov-na-Donu, 1987. Т. III. – P. 16-17.
11. Amirgaliev N. A. Aralo-Syrdar'inskii bassein: gidrokhimiya, problemy vodnoi toksikologii. – Алматы: ТОО Изд-во «Бастау», 2007. – 224 p.
12. Alekin O.A., Brazhnikova L.V. Metody rascheta ionnogo stoka // Gidrokhimicheskie materialy. – 1963. – Т. 35. – P. 135-148.
13. Maksimova M. P. Kriterii antropogenno ego evtrofirovaniya rechnogo stoka i raschet antropogennoi sostavlyayushchei biogennogo stoka rek // Vodnye resursy, №1, 1979. – P. 36-40.

ІЛЕ ӨЗЕНІ БОЙЫНША БИОГЕНДІК ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ ТРАНСШЕКАРАЛЫҚ АҒЫНЫНЫҢ КӨПЖЫЛДЫҚ ДИНАМИКАСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ӨЗЕН АҒЫСЫ БОЙЫНША ТРАНСФОРМАЦИЯСЫ

Н.А. Амиргалиев профессор, г.э.д., А. Мұсақұлқызы* т.э.д., А. С. Мадиебеков PhD, қауымдастырылған профессор, Л. Т. Исмуханова г.э.к., Б. М. Султанбекова

География және су қауіпсіздігі институты, Алматы, Қазақстан
E-mail: mus_ain@mail.ru

Жұмыста Іле өзені бойымен Қазақстан аумағына кіретін биогенді қосылыстардың трансшекаралық ағыны көлемінің ұзақ мерзімді динамикасын бағалауға бағытталған зерттеулердің нәтижелері берілген. «Қазгидромет» РМК мемлекеттік мониторингінің

көпжылдық мәліметтері негізінде, табиғи және антропогендік факторлардың әсерін ескере отырып, өзен ағысы бойынша биогендік қосылыстардың (азот пен фосфор) ағынының трансформацияну ерекшеліктері қаралды. Жер үсті суларының сапасын қалыптастыруда, сондай-ақ өзен ағынының биологиялық өнімділігі мен соңғы су айдындарының санитарлық режимінде, биогенді заттарды зерттеудің маңыздылығы туралы мәліметтер келтірілген. Қазақстан аумағындағы қоректік заттар режимін қалыптастырудың негізгі факторы ретінде Іле өзенінің трансшекаралық ағынының рөлі көрсетілген. Осы қосылыстардың 2003...2020 жылдардағы орташа жылдық ағынының көлеміне сандық баға беріліп, өзен бойындағы қоректік заттардың ағынының өзгеруін анықтайтын негізгі факторлар келтірілген.

Түйін сөздер: биогенді ағын, трансформация, трансшекаралық ағын, азот, фосфор.

MULTIYEAR DYNAMICS OF TRANSBOUNDARY INFLOW OF BIOGENIC COMPOUNDS ALONG THE ILE RIVER AND ITS TRANSFORMATION ALONG THE RIVER COURSE

N.Amirgaliyev Professor, Doctor of Geographical Sciences, **A. Mussakulkyzy*** PhD (technical sciences), **A.Madibekov** PhD, Associated Professor, **L. Ismukhanova** PhD (geography), **B. Sultanbekova**

Institute of Geography and Water Security, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: mus_ain@mail.ru

The paper presents the results of studies devoted to the assessment of the long-term dynamics of the volume of transboundary inflow of biogenic compounds to the territory of Kazakhstan along the Ile River. Based on long-term data from the State Monitoring of RSE «Kazhydromet,» the peculiarities of the transformation of the flow of biogenic compounds (nitrogen and phosphorus) along the river course, considering the influence of natural and anthropogenic factors, are analyzed. Information about the importance of studying biogenic substances in the formation of surface water quality, as well as river runoff's role in the biological productivity and sanitary regime of final water bodies, is provided. The role of the transboundary flow of the Ile River as the main factor in forming the biogenic substances regime on the territory of Kazakhstan is highlighted. A quantitative assessment of the volume of average annual inflow of these compounds for the period from 2003 to 2020 is given, along with the main factors determining the transformation of nutrient runoff along the river course.

Keywords: biogenic runoff, transformation, transboundary inflow, nitrogen, phosphorus.

Сведения об авторах/Авторлар туралы мәліметтер/Information about authors:

Амиргалиев Нариман Амиргалиевич – академик КазНАЕН, профессор, доктор географических наук, главный научный сотрудник лаборатории гидрохимии и экологической токсикологии АО «Институт географии и водной безопасности», ул. Пушкина, 99, Алматы, *namirgaliyev@mail.ru*

Мұсақұлқызы Айнұр – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидрохимии и экологической токсикологии АО «Институт географии и водной безопасности», ул. Пушкина, 99, Алматы, *mus_ain@mail.ru*

Мадібеков Азамат Сансызбаевич – PhD, ассоциированный профессор, руководитель лаборатории гидрохимии и экологической токсикологии АО «Институт географии и водной безопасности», ул. Пушкина, 99, Алматы, *madibekov@mail.ru*

Исмукханова Лаура Тыныштықбаевна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидрохимии и экологической токсикологии АО «Институт географии и водной безопасности», ул. Пушкина, 99, Алматы, *l--aura@bk.ru*

Султанбекова Ботақоз Маратовна – младший научный сотрудник лаборатории гидрохимии и экологической токсикологии АО «Институт географии и водной безопасности», ул. Пушкина, 99, Алматы, *adaika_01@mail.ru*

Амиргалиев Нариман Амиргалиевич – ҚазҰЖҒА академигі, профессор, география ғылымдарының докторы, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ гидрохимия және экологиялық токсикология зертханасының бас ғылыми қызметкері, Алматы, Пушкин к-і, 99, namirgaliev@mail.ru

Мұсақұлқызы Айнұр – техникалық ғылымдарының кандидаты, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ гидрохимия және экологиялық токсикология зертханасының аға ғылыми қызметкері, Пушкин к-і, 99, Алматы, mus_ain@mail.ru

Мадібеков Азамат Сансызбаевич – PhD, қауымдастырылған профессор, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ гидрохимия және экологиялық токсикология зертханасының жетекшісі, Пушкин к-і, 99, Алматы, madibekov@mail.ru

Исмұханова Лаура Тыныштықбаевна – география ғылымдарының кандидаты, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ гидрохимия және экологиялық токсикология зертханасының аға ғылыми қызметкері, Пушкин к-і, 99, Алматы, l--aura@bk.ru

Сұлтанбекова Ботакоз Маратовна – «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ гидрохимия және экологиялық токсикология зертханасының кіші ғылыми қызметкері, Пушкин к-і, 99, Алматы, adaika_01@mail.ru

Amirgaliyev Nariman – Academician of KazNAES, Professor, Doctor of Geographical Sciences, Chief researcher of the Laboratory of Hydrochemistry and Environmental Toxicology of JSC «Institute of Geography and Water Security», 99, Pushkin str., Almaty, namirgaliev@mail.ru

Mussakulkyzy Aynur – PhD (technical sciences), Senior researcher of Laboratory of Hydrochemistry and Ecological Toxicology, JSC “Institute of Geography and Water Security”, 99, Pushkin str., Almaty, mus_ain@mail.ru

Madibekov Azamat – PhD, Associated Professor, Head of Laboratory of Hydrochemistry and Ecological Toxicology, JSC «Institute of Geography and Water Security», 99, Pushkin str., Almaty, madibekov@mail.ru

Ismukhanova Laura – PhD (geography), Senior researcher, Laboratory of Hydrochemistry and Ecological Toxicology, JSC «Institute of Geography and Water Security», 99, Pushkin str., Almaty, l--aura@bk.ru

Sultanbekova Botakoz - Laboratory of Hydrochemistry and Ecological Toxicology, JSC «Institute of Geography and Water Security», 99, Pushkin str., Almaty, adaika_01@mail.ru

Вклад авторов/ Авторлардың қосқан үлесі/ Authors contribution

Амиргалиев Нариман Амиргалиевич - разработка концепции

Мұсақұлқызы Айнұр - создание программного обеспечения, проведение статистического анализа, подготовка и редактирование текста, визуализация

Мадібеков Азамат Сансызбаевич - разработка методологии

Исмұханова Лаура Тыныштықбаевна - проведение исследования

Сұлтанбекова Ботакоз Маратовна – ресурсы

Амиргалиев Нариман Амиргалиевич - тұжырымдаманы әзірлеу

Мұсақұлқызы Айнұр - бағдарламалық жасақтама жасау, статистикалық талдау жүргізу, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

Мадібеков Азамат Сансызбаевич - әдістемені әзірлеу

Исмұханова Лаура Тыныштықбаевна - зерттеу жүргізу

Сұлтанбекова Ботакоз Маратовна – ресурстар

Amirgaliyev Nariman - concept development

Mussakulkyzy Aynur - creating software, conducting statistical analysis, preparing and editing the text, visualization

Madibekov Azamat - methodology development

Ismukhanova Laura - conducting a research

Sultanbekova Botakoz - resources