

УДК 630.2; 556.5(571.51)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТОКА РЕКИ ИЛЕ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ж.С. Мустафаев¹ д.т.н., А.Т. Козыкеева¹ д.т.н., Л.М. Рыскулбекова¹

¹Казахский Национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан
E-mail: z-mustafa@rambler.ru

Для решения проблем устойчивого управления водными ресурсами бассейна реки Иле востребованным становится изучение динамики среднегодового расхода воды с учетом антропогенной деятельности, так как ее интенсивность постоянно растет. При этом интегральным показателем природных условий на водосборе является среднегодовой расход воды, и важность этого параметра заключается в том, что их можно рассматривать как функцию отклика на любые изменения на водосборе. В связи с этим анализ изменения среднегодового расхода воды реки Иле проводился в пространственно-временном масштабе, где для оценки и построения графиков использованы линейные тренды, метод множественного регрессионного анализа и обработка временных рядов, осуществленных на основе программы Microsoft Excel.

Анализ динамики среднегодового расхода воды реки Иле в пространственно-временном масштабе показал, что, несмотря на значительную вариабельность по годам, для всех изучаемых гидрологических постов характерны общие закономерности изменения гидрологического режима под действием антропогенных и природных факторов.

Ключевые слова: гидрологический режим, среднегодовой расход воды, водосбор бассейна реки, разностно-интегральная кривая, линейный тренд, кривая обеспеченности

Поступила 21.02.21

DOI: 10.54668/2789-6323-2021-101-2-40-51

ВВЕДЕНИЕ

Водосборная территория речных бассейнов, выполняющих экономические и экологические функции в условиях антропогенной деятельности испытывает количественные и качественные изменения в пространственно-временных масштабах.

Масштабы воздействия антропогенной деятельности на гидрологические характеристики определяются основными характеристиками водопотребления по отношению к естественному стоку реки, то есть в зависимости от указанных соотношений эти виды хозяйственной деятельности могут оказывать заметное влияние на речные бассейны, при этом условия формирования стока на водосборе практически не изменяются.

Исследование пространственно-временной

изменчивости стока водосбора речных бассейнов позволит спрогнозировать и минимизировать риск от возможных негативных последствий изменения климата в аридных зонах, как в экологическом, так и в экономическом плане. Оценка изменений гидрологического стока является важным аспектом поддержания геоэкологической и водной безопасности территорий, расположенных в пределах речных бассейнов.

Цель исследования – изучить и количественно описать закономерности пространственно-временной изменчивости гидрологического стока рек бассейна Иле в условиях антропогенной деятельности.

Объект исследования – река Иле, которая является основной водной артерией бассейна озера Балкаш. Река Иле берет начало на ледниках Музарт в Центральном Таниртау (Казах-

стан) истоком реки Текес и затем течет по территории Китайской Народной Республики (КНР), где сливается с реками Кунес и Каш, на 250-м км от слияния снова входит в пределы Республики Казахстан, на 1001-м км впадает в озеро Балкаш [1...12].

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основу исследования положен геосистемный подход к изучению явлений природы, учитывающий взаимообусловленность причинно-следственных связей в природных комплексах. С учетом этих положений использован бассейновый принцип, учитывающий применение

генетических связей элементов водного баланса речного бассейна с геоморфологическими, климатическими и гидрологическими факторами [2]. Построение трендов годового стока рек, осадков и коэффициентов линейных трендов осуществлено при обработке временных рядов этих величин в программе Microsoft Excel.

При формировании базы данных по гидрологическому режиму реки Иле были восстановлены пропуски в наблюдениях за стоком. Для этого использовались зависимости среднегодового расхода воды реки Иле в гидрологических постах Сандаохэцы и Ямату (территория КНР), 164 км выше Капшагайской ГЭС и урочище Капшагай от среднегодового расхода воды на гидрологическом посту Добын [3...7, 11, 12] (табл. 1).

Таблица 1

Регрессионные гидрологические модели среднегодового расхода воды реки Иле

Гидрологический пост –пункт	Уравнение зависимости	Индекс детерминации (R^2)
Сандаохэцы	$Q_i=0,8815 \cdot Q_i+77,245$	0,8012
Ямату	$Q_i=0,8828 \cdot Q_i+25,602$	0,9066
164 км выше Капшагайской ГЭС	$Q_i=1,0872 \cdot Q_i+41,978$	0,8504
урочище Капшагай (в естественных условиях)	$Q_i=0,9009 \cdot Q_i+103,45$	0,7672
урочище Капшагай (в техногенных условиях)	$Q_i=1,2376 \cdot Q_i-32,005$	0,7191

Примечание: Сандаохэцы – 1987...2013 гг, Ямату 1954...2013 гг, Добын 1928...2017 гг, 164 км выше Капшагайской ГЭС и урочище Капшагай 1930...2017 гг. естественный сток [5; 7; 11; 12] ; Сандаохэцы – 1928...1986 и 2014...2017 гг, Ямату – 1928...1953 и 2014...2017 гг. – восстановленный сток.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сложившаяся ситуация в бассейне реки Иле в связи с регулированием стока с помощью гидротехнических сооружений и интенсивного использования водных ресурсов в отраслях экономики региона, вызывает необходимость оценки воздействия антропогенных факторов на сток и гидрологический режим. Вопросы оценки направленности и величины изменений речного стока под влиянием хозяйственной деятельности человека приобретают исключительно важное практическое и научно-методическое

значение, так как их решение позволяет учесть характер и степень изменений, как водных ресурсов, так и комплекса природных условий при эксплуатации гидротехнических сооружений, проведении агротехнических и гидромелиоративных мероприятий, строительстве объектов водопотребителей.

Для выявления региональных и локальных особенностей гидрологического режима территории бассейна реки Иле проанализирована в пространственном и временном аспектах динамика стока на пяти гидрологических постах (рис. 1 и 2) [3...6; 8...10].

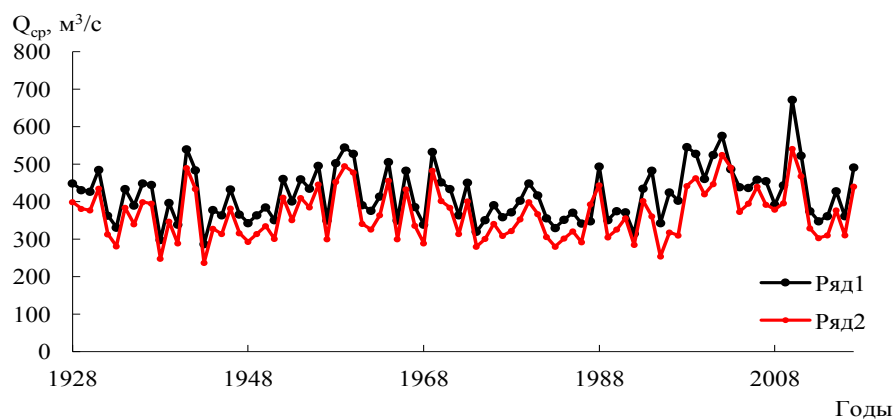


Рис. 1. Хронологический график изменения расхода воды реки Иле в створах Сандаохэцы (ряд 1) и Ямату (ряд 2) за период 1928...2017 гг. на территории КНР.

Для оценки антропогенного воздействия на формирование стока реки Иле в пространственно-временных масштабах использованы стандартные гидрологические наблюдения за многолетний период, в течение которого можно выделить промежутки времени естественного и нарушенного режима стока [2].

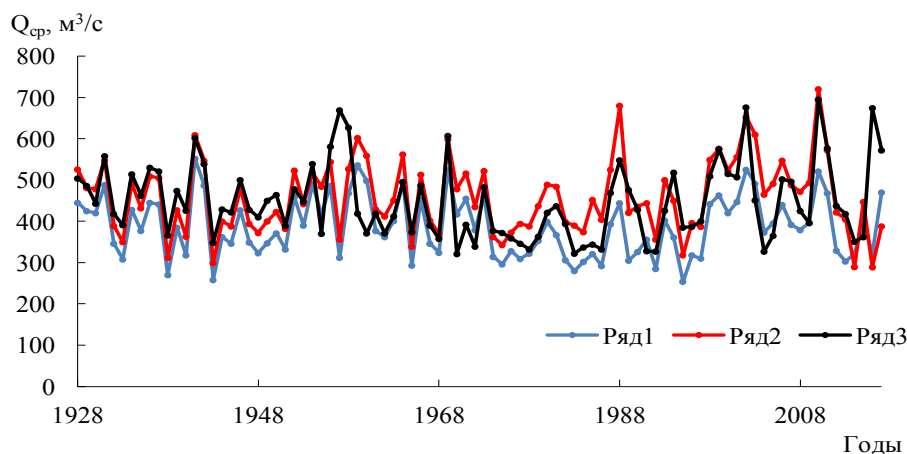


Рис. 2. Хронологический график изменения расхода воды реки Иле в створах Добын (ряд 1), 164 км выше Капшагайской ГЭС (ряд 2) и урочище Капшагай (ряд 3) за период 1928...2017 гг. на территории Республики Казахстан.

Вначале антропогенные изменения естественного режима стока приближенно оцениваются графическим способом – путем построения интегральной кривой среднегодового расхода воды реки: $\sum Qi = f(Qi)$ (где $\sum Qi$ – нарастающая сумма среднегодового расхода воды от начала наблюдений; Qi – среднегодовой расход воды реки в период наблюдений) (рис. 3).

В результате регулирования русла реки строительством гидротехнических сооружений и освоения орошаемых земель в верховьях реки Иле наблюдается нарушение формирования естественного среднегодового расхода воды с 1970 года в гидрологических постах Сандаохэцы и Ямату, расположенных

на территории Синьцзян-Уйгурского автономного района Китайской Народной Республики (КНР) (рис. 3).

В среднем течении реки Иле нарушение формирования естественного среднегодового расхода воды наблюдается с 1970 года в гидрологических постах Добын и 164 км выше Капшагайской ГЭС, расположенных на территориях Республики Казахстан в связи с освоением орошаемых земель, а в низовьях в гидрологических постах урочище Капшагай после 1970 года в связи с строительством Капшагайского водохранилища многолетнего регулирования, где величина среднегодового расхода воды полностью зависит от эксплуатационного режима работы Капшагайской ГЭС (рис. 4).

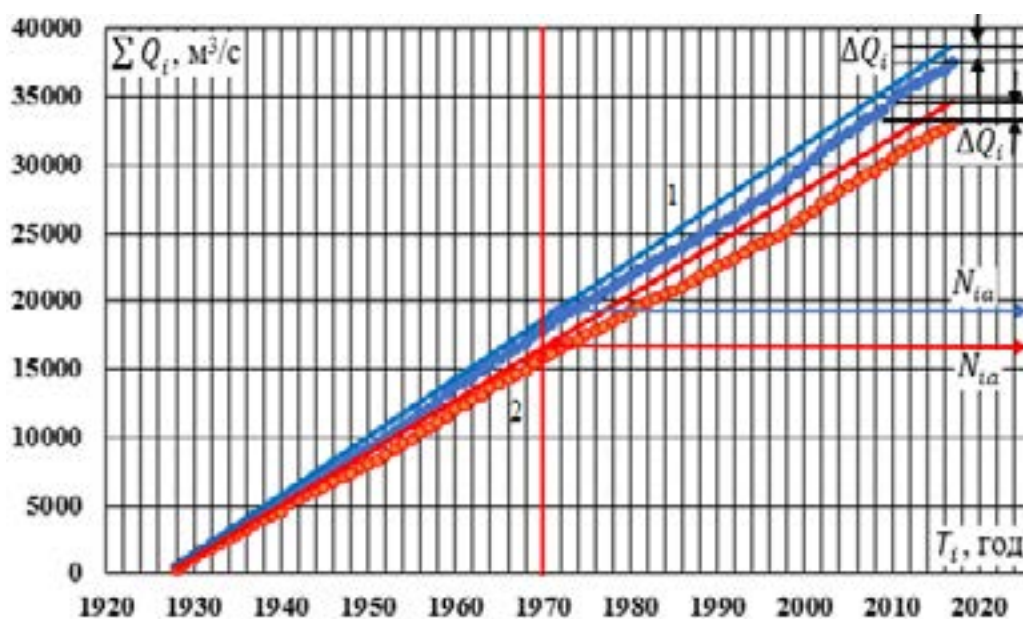


Рис. 3. График суммарной интегральной кривой среднегодового расхода воды реки Иле в гидрологических постах Саньдаохэцы (1) и Ямату (2) на территории КНР (где ΔQ_i – объем суммарного уменьшения стока в результате антропогенной деятельности; N_{ia} – число лет с нарушенным режимом; T_i – продолжительность наблюдений, год).

В результате регулирования русла реки строительством гидротехнических сооружений и освоения орошаемых земель в верховьях реки Иле наблюдается нарушение формирования естественного среднегодового расхода воды с 1970 года в гидрологических постах Саньдаохэцы и Ямату, расположенных на территории Синьцзян-Уйгурского автономного района Китайской Народной Республики (КНР) (рис. 3).

В среднем течении реки Иле нарушение формирования естественного среднегодово-

го расхода воды наблюдается с 1970 года в гидрологических постах Добын и 164 км выше Капшагайской ГЭС, расположенных на территории Республики Казахстан в связи с освоением орошаемых земель, а в низовьях, в гидрологических постах урочище Капшагай после 1970 года в связи с строительством Капшагайского водохранилища многолетнего регулирования, где величина среднегодового расхода воды полностью зависит от эксплуатационного режима работы Капшагайской ГЭС (рис. 4).

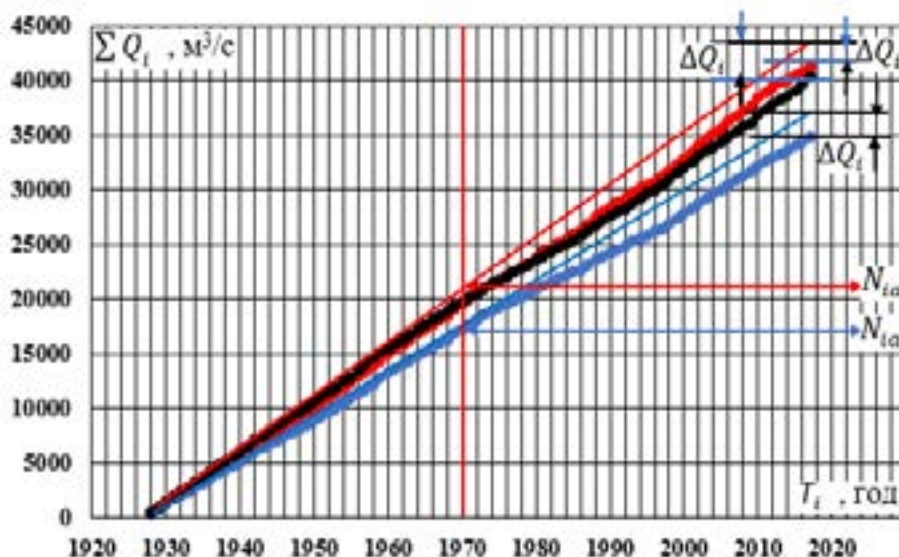


Рис. 4. Интегральный график изменения во времени среднегодовых расходов воды реки Иле в гидрологических постах Добын (1), 164 км выше Капшагайской ГЭС (2) и урочище Капшагай (3) на территории Республики Казахстан.

Для оценки изменения среднегодового расхода воды в речных бассейнах под действием антропогенных и природных факторов широко используется нестационарность математического ожидания (синонимы: «среднее значение» в математике, «норма стока» в гидрологии) – это наличие линейных трендов в ряду наблюдений среднегодовых расходов.

На основе методов математической статистики и многолетних данных среднегодового расхода воды реки Иле по пяти гидрологическим постам в пространственно-временных масштабах с использованием программы Microsoft Excel построен график и получены уравнения линейного тренда, характеризующих направленность и интенсивность изменения среднегодового расхода воды под действием антропогенных и природных факторов (рис. 5...9).

Анализ графиков линейных трендов среднегодового расхода воды реки Иле по гидрологическим постам Сандоахэцы и Ямату, расположенных в зоне формирования стока на территории Синьцзян-Уйгурского автономного района КНР показывает (рис. 5 и 6), что рост среднегодового расхода воды за исследуемый период (1928...2017 годы) соответственно составляет 39,4 м³/с и 33,2 м³/с за 90 лет.

Изменение среднегодового расхода воды реки Иле по гидрологическому посту Добын (рис. 7), расположенного на границе Республики Казахстан и Китайской Народной Республики за исследуемый период (1928...2017 годы) составляет – 19,3 м³/с за 90 лет, что объясняется с интенсивным использованием водных ресурсов для развития орошаемого земледелия Синьцзян-Уйгурского автономного района.

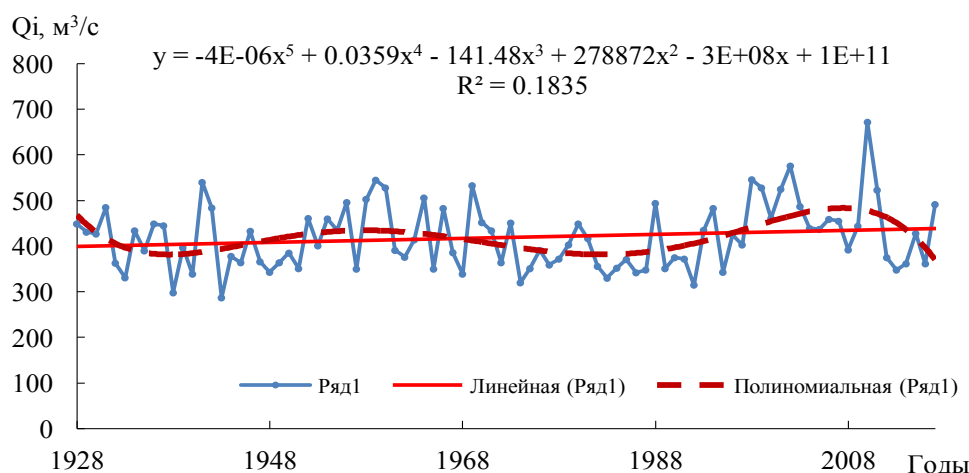


Рис. 5. Многолетние изменения среднегодовых расходов воды реки Иле в гидрологическом посту Сандоахэцы (1 – исходный ряд; 2 – линейный тренд; 3 – полиномиальный тренд 5-го порядка).

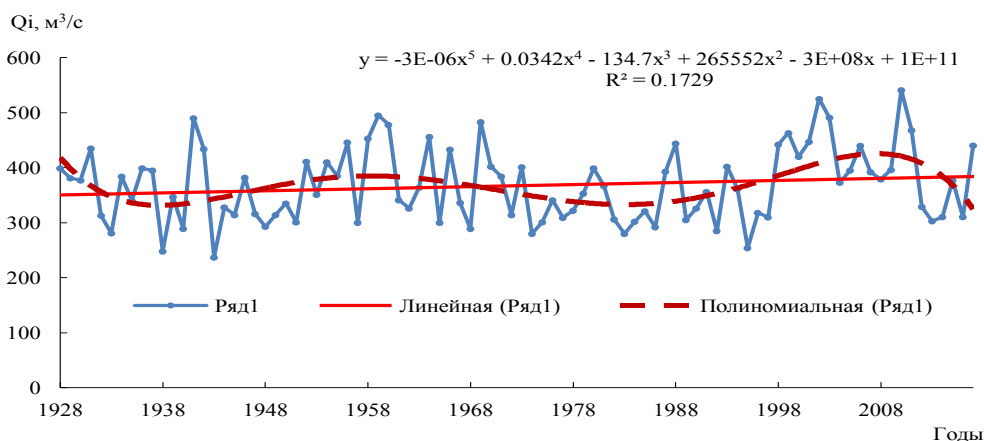


Рис. 6. Многолетние изменения среднегодовых расходов воды реки Иле в гидрологическом посту Ямату (1 – исходный ряд; 2 – линейный тренд; 3 – полиномиальный тренд 5-го порядка).

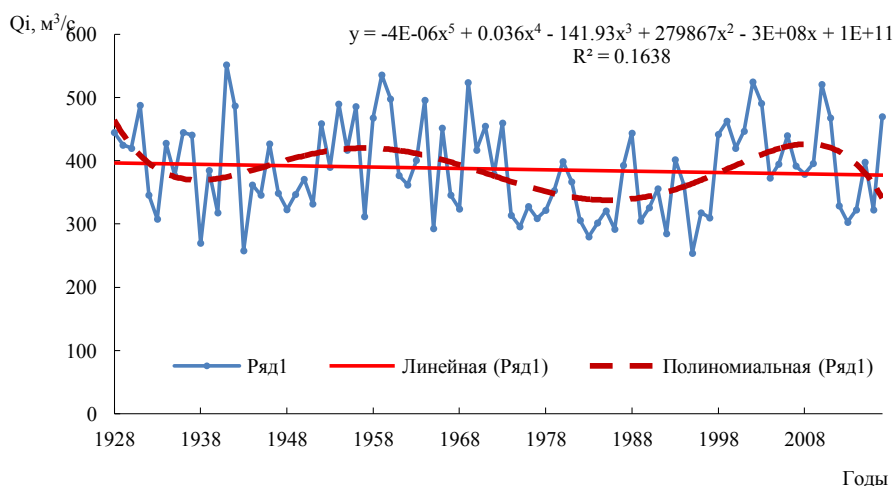


Рис. 7. Многолетние изменения среднегодовых расходов воды реки Иле в гидрологическом посту Добын (1 – исходный ряд; 2 – линейный тренд; 3 – полиномиальный тренд 5-го порядка).

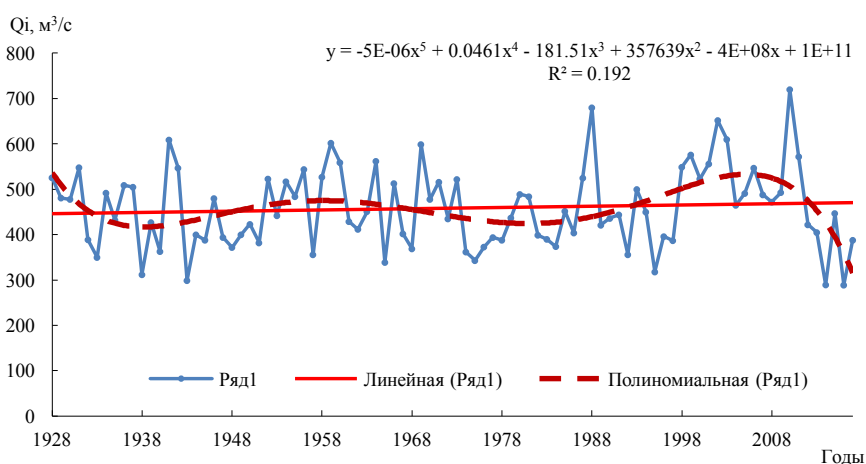


Рис. 8. Многолетние изменения среднегодовых расходов воды реки Иле в гидрологическом посту 164 км выше Капшагайской ГЭС (1– исходный ряд; 2 – линейный тренд; 3 – полиномиальный тренд 5-го порядка).

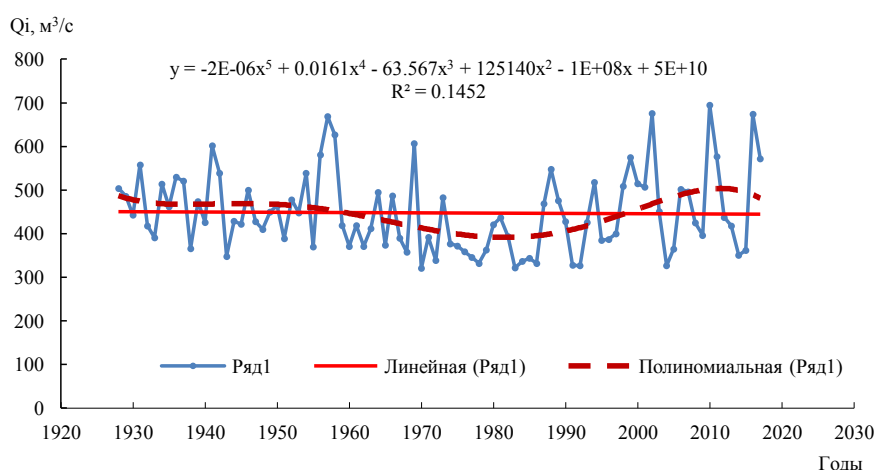


Рис. 9. Многолетние изменения среднегодовых расходов воды реки Иле в гидрологическом посту урочище Капшагай (1 – исходный ряд; 2 – линейный тренд; 3 – полиномиальный тренд 5-го порядка).

Динамика изменения среднегодового расхода воды реки Иле по гидрологическим постам 164 км выше Капшагайской ГЭС и урочище Кап-

чагай, расположенных ниже Капшагайской ГЭС за многолетний период наблюдений представлена на рисунке 8. Изменение среднегодового рас-

хода воды реки Иле по гидрологическому посту 164 км выше Капшагайской ГЭС за рассматриваемый период наблюдений (1928...2017 годы) положительный, то есть составляет $25,08 \text{ м}^3/\text{с}$ за 90 лет (рис. 8), а по гидрологическому посту урочище Капчагай за рассматриваемый период наблюдений (1928...2017 годы) отрицательный, которые составляет $-5,27 \text{ м}^3/\text{с}$ за 90 лет (рис. 9).

При этом следует отметить, что среднегодовой расход воды по гидрологическому посту урочище Капчагай, полностью регулируемый, так как сброс воды ниже Капчагайской ГЭС во многом зависит от их эксплуатационного режима и гидрологического режима Капшагайского водохранилища многолетнего регулирования [7; 11; 12].

При этом, наиболее характерной чертой многолетнего режима среднегодового расхода воды реки Иле в пространственно-временных масштабах является цикличность. Величина и знак тренда во многом зависят от продолжительности ряда наблюдений, используемого для анализа, и в большей степени определяется характером фазы водности в конце ряда. В случае завершения ряда многоводной фазой наиболее часто тренд имеет положительный знак, а в случае завершения маловодной фазой – отрицательный.

Оценка показала, что за примерно вековой период в колебаниях среднегодового расхода воды реки Иле в гидрологических постах Сандаохэцы и Ямату, расположенных в верховьях территории Синьцзян-Уйгурского автономного района КНР и в гидрологических постах Добын, 164 км выше Капшагайской ГЭС и урочище Капчагай, расположенных на территории Республики Казахстан выделяется пять цикла. Эти циклы относятся к внутривековым и имеют продолжительность от 20 до 22 лет, хотя дата окончания последнего цикла и, соответственно, его продолжительность из-за некоторой неопределенности могут быть впоследствии уточнены.

Линейные тренды в большинстве случаев не являются единственной моделью, которая позволяет аппроксимировать многолетние тенденции изменений среднегодовых расходов воды речных бассейнов. Эти изменения имеют сложный характер, включают, как правило, циклы различной продолжительности. При этом линейный (квазилинейный) тренд можно рассматривать как часть сверх векового цикла. С целью оценки вклада в общую дисперсию колебаний среднегодового расхода воды речных бассейнов

различных составляющих из их ряда были выделены линейный тренд и ряд максимальных среднегодовых расходов воды реки Иле. Ряд аномалий был получен путем вычисления отклонения по годичных значений исходного ряда от соответствующих этим годам значений линейного тренда, где оценка достоверности и надежности выполнена с помощью коэффициента детерминации R^2 . Доля дисперсии ряда среднегодового расхода воды реки Иле в пространственно-временных масштабах, объясняемая линейным трендом, на порядок больше доли дисперсии, объясняемой полиномиальным трендом 5-го порядка (рис. 5...9). Это указывает на то, что вклад долговременных тенденций в наблюдающиеся изменения среднегодового расхода воды реки Иле значительно больше, чем вклад циклических составляющих.

Для исследования степени синхронности многолетних колебаний среднегодового расхода воды водосбора бассейна реки Или были построены разностно-интегральные кривые в пространственно-временных масштабах с продолжительностью наблюдений 90 лет (рис. 10).

Анализ разностно-интегральных кривых среднегодового расхода воды реки Иле в пространственно-временных масштабах, построенных по данным отдельных гидрологических постов, показывает, что в целом они имеют общие черты, выраженные в осредненном ряду. Учитывая территориальную неравномерность антропогенной деятельности, особенно, когда они имеют водохранилища многолетнего регулирования, есть основания полагать, что водохранилище существенно изменяет характер многолетних фаз их повышения и понижения водности, его влияние по-разному сказывается на долговременных изменениях годового стока и стока гидрологических сезонов.

В результате среди рассматриваемых гидрологических постов были выделены две группы со схожей формой разностно-интегральных кривых за общий период наблюдений (рис. 10). При этом в пределах каждой группы значения коэффициента корреляции между рядами среднегодового расхода воды реки Иле двух гидрологических постов составляют более 0,85 (табл. 1). Для гидрологических постов Добын и урочище Капчагай характерна одинаковое проявление антропогенной деятельности с регулированием среднегодового расхода воды реки Иле.

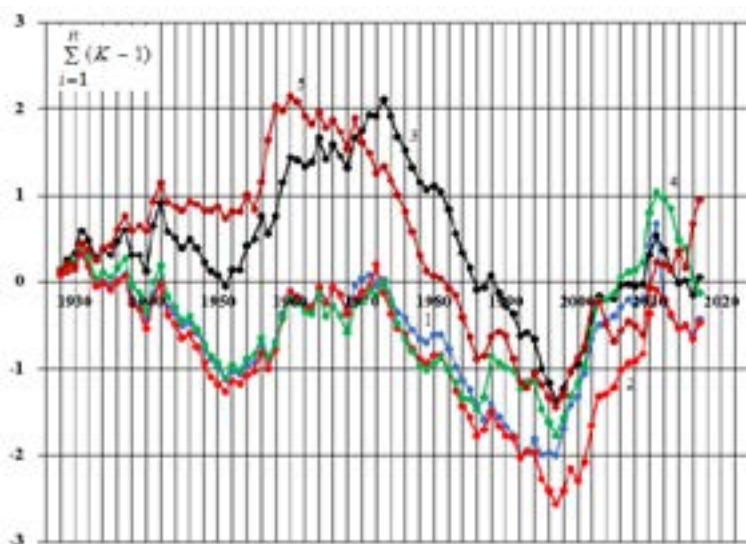


Рис.10. Многолетние изменения среднегодового расхода воды реки Иле в пространственно-временных масштабах, представленные в виде разностно-интегральных кривых (1 – Саньдаохэцзы; 2 – Ямату; 3 – Добын; 4 – 164 км выше Капшагайской ГЭС; 5 – урочище Капшагай).

В гидрологических постах Саньдаохэцзы и Ямату, расположенных в зоне формирования гидрологического стока на территории Китайской Народной Республики и 164 км выше Капшагайской ГЭС, расположенного в среднем течении реки Иле на территории Республики Казахстан не испытывают современных изменений стока, подтверждающихся статистическими критериями, так как гидрологические стоки, поступающие из притоков сглаживают гидрологический процесс, что соответствует

картине формирования среднегодового расхода воды и показывает гидрологическую обоснованность составленных разностно-интегральных кривых.

Определение расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений реки Иле в пространственно-временных масштабах осуществлялось с применением аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения – кривых обеспеченностей (рис. 11).

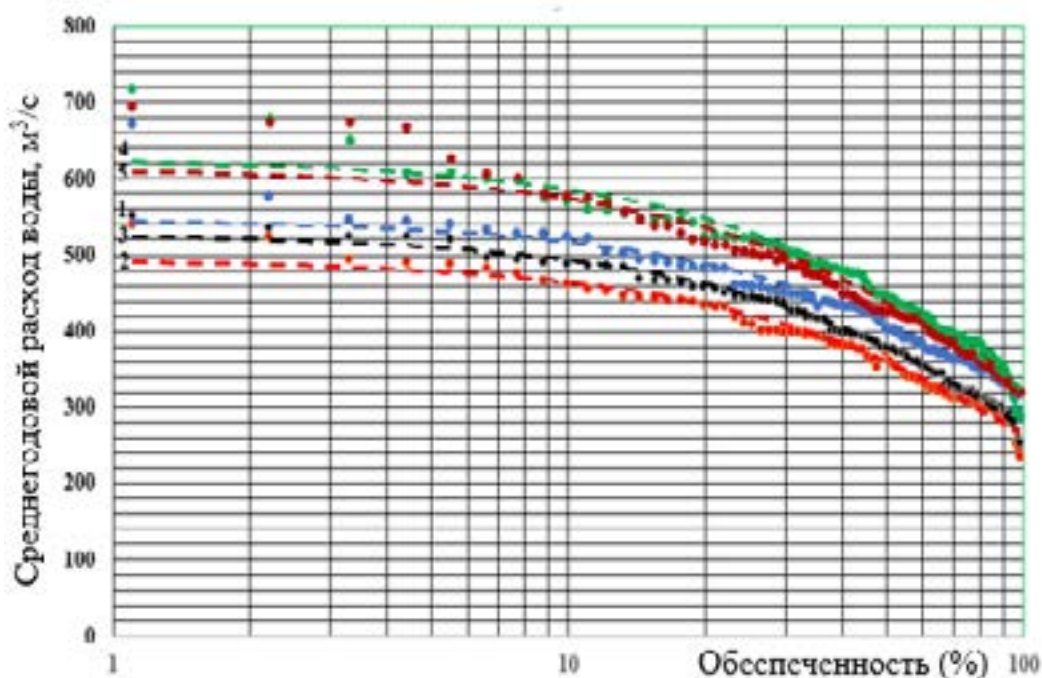


Рис.11. Эмпирическая и теоретическая кривая обеспеченности среднегодового расхода воды реки Иле в пространственно-временном масштабе (1 – Саньдаохэцзы; 2 – Ямату; 3 – Добын; 4 – 164 км выше Капшагайской ГЭС; 5 – урочище Капшагай).

Анализ эмперической и теоретической кривой обеспеченности среднегодового расхода воды реки Иле в пространственно-временных масштабах показал, что для всех гидрологических постов характерны общие закономерности

многолетнего изменения их гидрологического режима, которые с очень высокой достоверностью описываются экспоненциальным уравнением, отличающихся только количественными значениями свободных параметров (табл. 2).

Таблица 2

Регрессионные гидрологические модели среднегодового расхода воды (м³/с) от обеспеченности по гидрологическим постам реки Иле

Гидрологический пост-пункт	Уравнение зависимости	Индекс детерминации (R ²)
Саньдаохэцы	$Q_i=547,47 \cdot \exp(-0,006 \cdot P_i)$	0,9626
Ямату	$Q_i=494,39 \cdot \exp(-0,006 \cdot P_i)$	0,9762
164 км выше Капшагайской ГЭС	$Q_i=527,4 \cdot \exp(-0,007 \cdot P_i)$	0,9900
урочище Капшагай (в естественных условиях)	$Q_i=626,3 \cdot \exp(-0,007 \cdot P_i)$	0,9649
урочище Капшагай (в техногенных условиях)	$Q_i=614,14 \cdot \exp(-0,007 \cdot P_i)$	0,9712

По результатам проведенных комплексных исследований по изучению пространственно-временной изменчивости среднегодового расхода воды реки Иле в условиях антропогенной деятельности можно констатировать, что тенденция изменения гидрологического режима исследуемой территории в значительной степени зависит от направленности и интенсивности антропогенной деятельности.

ВЫВОДЫ

Исследования показали, что выявленные тренды годового стока реки Иле в пространственном масштабе от горной зоны в сторону равнинной зоны различаются как по знаку, так и по величине. Гидрологический режим водотоков с положительным или отрицательным трендом годового стока определяется общим характером географической зоны и антропогенной деятельности. В условиях в горной и предгорной зон в реки Иле, то есть в пределах гидрологических постов Саньдаохэцы и Ямату наблюдается положительный тренд, характеризующий увеличение стока связанного со свойствами географических зон, а в гидрологическом посту Добын,

расположенного на границе Китая и Республики Казахстан показывает отрицательный тренд с уменьшением стока, которые связан с антропогенной деятельностью. На границе предгорно-равнинной и равнинной территории бассейна реки Иле в пределах гидрологического поста 164 км выше Капшагайской ГЭС наблюдается положительный тренд, который связан с поступлением стока правобережных и левобережных притоков, а направления тренда в гидрологическом посту урочища Капшагай, определяется эксплуатационным режимом ГЭС, расположенного в теле Капшагайского водохранилища.

При этом выявлены два хорошо выраженных периода динамики стока реки Иле в пространственно-временном масштабе: естественного и техногенного, а также выделяется пять цикла колебания стока, которые относятся к внутривековым и имеют продолжительность от 20 до 22 лет, то есть в результате испытания рядов на тренд установлено наличие различных по знаку длительных тенденций в многолетнем ходе стока разных географических зон, характеризующих зональные факторы «формирующих»

их временную структуру.

Таким образом, практическая значимость изучения пространственно-временной изменчивости среднегодового расхода воды реки Иле в условиях антропогенной деятельности заключается в возможности и целесообразности использования полученных закономерностей при обосновании водоохранных и водохозяйственных мероприятий, обеспечивающих геоэкологическую устойчивость природной системы региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В., Скольский В.А., Бурлибаева Д.М., Уваров Д.В., Смирнова Д.А., Ефименко А.В., Миллюков Д.Ю. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана. – Алматы: «Канат», 2014. – Том 1. – 744 с.

2. Влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы и гидрологический режим. – Обнинск, 1976. – 110 с.

3. Галаева А.В. Ресурсы речного стока и экологическое состояние бассейна озера Балкаш в условиях современного изменения климата: диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. – Бишкек, 2017. – 138 с.

4. Достай Ж.Д. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление, Природные воды Казахстана: Ресурсы, режим, качества и прогноз. – Алматы, 2012. – Т. 2. – 330 с.

5. Достай Ж.Д. Управление гидроэкосистемой бассейна озера Балхаш. – Алматы, 2009. – 235 с.

6. Зултыхаров Б.А. Балқаш көлін сумен қамтамасыз етуді гидрологиялық тұрғыда негіздеу: философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындаған диссертация. – Алматы, 2017. – 114 б.

7. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Рыскулбекова Л.М. Особенности формирования стока в водосборе бассейна реки Или // Материалы международной научно-практической конференции «Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК нечерноземной зоны Российской Федерации». – Москва, 2019. – С. 475-481.

8. Шиварёва С.П., Ли В.И., Ивкина Н.И. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогнозы, управление, Внутренние и окраинные водоемы

Казахстана (Арал, Балкаш, Каспий). – Алматы, 2012. – Т. IX. Книга 1. – 456 с

9. Шиварева С.П., Галаева А.В., Азнабекиева М.М., Кишикмбаева А.А. Анализ многолетней динамики внутригодового распределения речного стока в бассейнах реки Иле и Ертыс в пределах Казахстана и Китая в связи с климатическими изменениями // Гидрометеорология и экология, 2015. – №3. – С. 78-92.

10. Шиварева С.П., Галаева А.В. Анализ изменения стока в бассейне р.Или в пределах Казахстана и Китая в связи с климатическими изменениями // Гидрометеорология и экология, 2014. – №1. – С. 68-80.

11. Mustafayev Zh.S., Ryskulbekova L.N. Fundamentals of water use in the catchment areas of the Ili river basin // Reports of national Academy of sciences of the republic of Kazakhstan, 2020. – №5. – С. 49-55.

12. Mustafayev Zh.S., Kozykeyeva A.T., Ryskulbekova L.N., Aldiyarova A.E., Povilaitis Arvydas. Geomorphological analysis of the Ili river basin catchment area for integrated development // News of the national Academy of sciences of the republic of Kazakhstan series of geology and technical sciences, Volume 5, Number 443 (2020), 141 – 149:ISSN 2224-5278.

REFERENCES

1. Burlibaev M.Zh., Amirgaliev N.A., Shenberger I.V., Skol'skii V.A., Burlibaeva D.M., Uvarov D.V., Smirnova D.A., Efimenko A.V., Milyukov D. Yu. Problemy zagryazneniya osnovnykh transgranichnykh rek Kazakhstana. – Almaty: «Kanagat», 2014. – Tom 1. – 744 s.

2. Vliyanie khozyaistvennoi deyatelnosti na vodnye resursy i gidrologicheskii rezhim. – Obninsk, 1976. – 110 s.

3. Galayeva A.V. Resursy rechnogo stoka i ekologicheskoe sostoyanie basseina ozera Balkash v usloviyakh sovremennogo izmeneniya klimata: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata geograficheskikh nauk. – Bishkek, 2017. – 138 s.

4. Dostai Zh.D. Vodnye resursy Kazakhstana: otsenka, prognoz, upravlenie, Prirodnye vody Kazakhstana: Resursy, rezhim, kachestva i prognoz. – Almaty, 2012. – Т. 2. – 330 s.

5. Dostai Zh.D. Upravlenie gidroekosistemoi basseina ozera Balkhash. – Almaty, 2009. – 235 s.

6. *Zulpykharov B.A.* Balkash көлін сумен қамтамасыз етуді гидрологиялық тұрғыда негіздеу: философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындаған диссертация. – Алматы, 2017. – 114 б.
7. *Mustafaev Zh.S., Kozykeeva A.T., Ryskulbekova L.M.* Osobennosti formirovaniya stoka v vodosbore basseina reki Ili // *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Melioratsiya zemel' – neot'emlemaya chast' vosstanovleniya i razvitiya APK nechernozemnoi zony Rossiiskoi Federatsii»*. – Moskva, 2019. – S. 475-481.
8. *Shivareva S.P., Li V.I., Ivkina N.I.* Vodnye resursy Kazakhstana: otsenka, pronoz, upravlenie, Vnutrennie i okrainnye vodoemy Kazakhstana (Aral, Balkash, Kaspіi). – Алматы, 2012. – Т. ІКh. Книга 1. – 456 с.
9. *Shivareva S.P., Galaeva A.V., Aznabekieva M.M., Kishkimbaeva A.A.* Analiz mnogoletnei dinamiki vnutrigodovogo raspredeleniya rechnogo stoka v basseinakh rei Ili i Ertys v predelakh Kazakhstana i Kitaya v svyazi s klimaticheskimi izmeneniyami // *Gidrometeorologiya i ekologiya*, 2015. – №3. – S. 78-92.
10. *Shivareva S.P., Galaeva A.V.* Analiz izmeneniya stoka v basseine r.Ili v predelakh Kazakhstana i Kitaya v svyazi s klimaticheskimi izmeneniyami // *Gidrometeorologiya i ekologiya*, 2014. – №1. – S. 68-80.
11. *Mustafayev Zh.S., Ryskulbekova L.N.* Fundamentals of water use in the catchment areas of the Ili river basin // *Reports of national Academy of sciences of the republic of Kazakhstan*, 2020. – №5. – S. 49-55.
12. *Mustafayev Zh.S., Kozykeyeva A.T., Ryskulbekova L.N., Aldiyarova A.E., Povilaitis Arvydas.* Geomorphological analysis of the Ili river basin catchment area for integrated development // *News of the national Academy of sciences of the republic of Kazakhstan series of geology and technical sciences*, Volume 5, Number 443 (2020), 141 – 149:ISSN 2224-5278.

ТЕХНОГЕНДІК ҚЫЗМЕТТІҢ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ІЛЕ ӨЗЕНІНІҢ АҒЫНЫНЫҢ КЕҢІСТІК-УАҚЫТ КЕЗЕҢІНДЕГІ ӨЗГЕРУІ

Ж.С. Мұстафаев¹ техн. ғылым. докторы, **Ә.Т. Қозыкеева**¹ техн. ғылым. докторы,
Л.М. Рыскулбекова¹

¹Қазақ Ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан
E-mail: z-mustafa@rambler.ru

Іле өзенінің сужинау алабының су ресурстарын орнықты басқару мәселесін шешу үшін орташа су ағынының шығынының динамикасын техногендік жағдайдағы ескере отырып зерттеудің қажеттілігі туындап отыр, себебі оның қарқыны тұрақты түрде өсуде.

Өзеннің сужинау алабының табиғи жағдайдағы интегралдық көрсеткіші, оның орташа жылдық су ағынының шығыны және бұл өлшемдік көрсеткіштің маңыздылығы, ол сужинау жүйесінің кез-келген өзгеруіне жауап беру функциясы ретінде қарастыруға болатындығында. Осыған байланысты Іле өзенінің сужинау алабының орташа жылдық су ағынының шығынының өзгеруін талдау кеңістік-уақыт масштабында жүргізілді және оны бағалау, уақытша қатарларды өңдеу Microsoft Excel бағдарламасының негізінде сызбалық сұлбаларды және сызықтың трендтердің теңдеулерін тұрғызу және көп байланысты талдау әдістері арқылы жүргізілді.

Іле өзенінің сужинау алабының орташа жылдық су ағынының шығынының динамикасын кеңістік-уақыт масштабында талдау көрсеткендей, жыл аралық денгейдегі біршама тербелістерге қарамастан, табиғи және техногендік дәлелдемелердің әсерінен, қарастырылып отырылған гидрологиялық бекеттерде гидрологиялық тәртібінің өзгеруі жалпы заңдылықтарды сипаттайды.

Түйін сөздер: гидрологиялық тәртібі, оның орташа жылдық су ағынының шығыны, өзеннің сужинау алабы, интегралдық қисық, сызықтық тренд, интегралдық-айырмашылық қисығы, қамтамасыздық қисығы

SPATIAL-TIME VARIABILITY OF THE ILE RIVER RUNOFF UNDER CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC ACTIVITY

Zh.S. Mustafayev¹ doctor of technical sciences, **A.T. Kozykeyeva**¹ doctor of technical sciences, **L.M. Ryskulbekova**¹

¹*Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan*
E-mail: z-mustafa@rambler.ru

To solve the problems of sustainable management of water resources in the catchment area of the Ili River basin, it is becoming demanded to study the dynamics of the average annual water discharge, taking into account anthropogenic activities, since their intensity is constantly growing. At the same time, the integral indicator of natural conditions in the catchment is the average annual water discharge of river basins, and the importance of this parameter lies in the fact that they can be considered as a function of the response to any changes in the catchment. In this regard, the analysis of changes in the average annual water discharge of the Ili River basin's catchment area was carried out on a spatio-temporal scale, where linear trends were used to assess and plot graphs, the method of multiple regression analysis and processing of time series were carried out on the basis of Microsoft Excel.

Analysis of the dynamics of the average annual water discharge in the Ili River basin's catchment area on a spatio-temporal scale showed that, despite significant variability over the years, all studied hydrological stations are characterized by general patterns of changes in the hydrological regime under the influence of anthropogenic and natural factors.

Key words: hydrological regime, average annual water discharge, catchment area of the river basin, integral curve, linear trend, integral-difference curve, probability curve