

УДК 556.047

к.т.н. Павлов В. И.,  
Кусайко Н. П.,  
Кулакова С. И.

(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, pavlow2005@rambler.ru)

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВОДНОГО БАЛАНСА БАСЕЙНА ВОДОСБОРА ИСАКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

*Проведено сравнительное исследование динамики изменения среднемноголетних годовых притоков в Исаковское водохранилище, нормы атмосферных осадков и температурной нормы. Установлено, что вследствие растущего повышения температуры воздуха среднее значение естественного природного стока с периодом усреднения в 20 лет потеряло свойство стационарности; в последнее десятилетие наметилась устойчивая тенденция уменьшения доли стока в водном балансе бассейна водосбора за счет увеличения доли испаряемой влаги.*

**Ключевые слова:** водохранилище, бассейн водосбора, притоки, подземный сток, поверхностный сток, климатическая норма, среднемноголетнее значение, стационарность среднего, водный баланс, доля стока, доля испарения, изменение климата.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** В последнее время в Луганской Народной Республике возникла острая проблема водоснабжения промышленных и гражданских объектов, вызванная недопустимо большим обмелением используемых водохранилищ. Во второй половине прошедшей летней межени уровень воды в Исаковском водохранилище был ниже уровня гарантированной водоотдачи, и поэтому водозабор на нужды Алчевского металлургического комбината был ограничен. На фоне переживаемого периода малой водности рек ситуация усугубилась переходом к мокрой консервации ряда угольных шахт, в результате чего прекратилась подпитка притока водохранилища шахтной водой. Возникла реальная проблема водопользования Исаковским водохранилищем. Для принятия инженерных решений, обеспечивающих эксплуатационную наполняемость водохранилища, необходимо в первую очередь изучить гидрологические процессы, протекающие в бассейне его водосбора. Важность этих исследований заключается в следующем.

Если критическое снижение притока в водохранилище вызвано прекращением

его подпитки водоотливами шахт «Романовская» и им. Артема, а наблюдаемое снижение естественного стока является возможным отклонением в диапазоне принятой обеспеченности, то очевидным решением будет возобновление подпитки притока шахтной водой.

Если же наблюдаемая низкая величина естественного стока выходит за диапазон значений малой водности и является следствием глобального изменения климатических условий, то возобновление откачки шахтной воды будет недостаточным для решения возникшей проблемы.

Величина естественного стока может уменьшаться за счет возникновения на территории бассейна водосбора зон повышенной инфильтрации, вызванной подтоплением выработанных пространств при прекращении работы шахтных водоотливов.

**Анализ исследований и публикаций.** Величина естественного стока является основой для проектирования гидротехнических сооружений и рассчитывается исходя из модуля речного стока, стационарность которого является основополагающей научной концепцией гидрологии. На основе этой концепции в прошлом веке были созданы гидрологические карты для всей тер-

ритории бывшего Советского Союза. В работе К. П. Воскресенского [1] отмечено, что гидрологические сооружения на малых реках (пруды, водохранилища), как правило, проектируются исходя из данных стока ближайших средних рек. Такой подход приводит к завышенным оценкам. Для их уточнения необходимы непосредственные гидрологические исследования бассейна водосбора проектируемого сооружения. Первый вопрос, возникающий при этом, — минимально достаточная длительность наблюдений, так как накопление статистических данных весьма трудоёмко. Исходя из большого количества влияющих факторов, величина стока является величиной случайной, и поэтому увеличение длительности периода наблюдений более 10–15 лет не приводит к значимому уточнению среднегодового значения [2].

Водный баланс определяет соотношение между поступлением воды на территорию бассейна водосбора и её расходом [3]. Из уравнения водного баланса речного водосбора следует, что речной сток является результатом активного водообменного цикла и определяется прежде всего атмосферными осадками [1]:

$$Y = X - z \pm u, \quad (1)$$

где  $Y$  — сток с бассейна водосбора;

$X$  — атмосферные осадки;

$z$  — испарение;

$u$  — запасы влаги на водосборе.

Научными исследованиями установлено, что вследствие потепления скорость обменного водного цикла (атмосфера — осадки — стоки — река — море и снова атмосфера) в целом по планете постоянно из года в год увеличивается [4]. Повышение температуры приводит к увеличению испарения с земной и водной поверхности мирового океана, к возрастанию количества влаги в атмосфере. В водном балансе испарение, как функция температуры воздуха, является отрицательным фактором, поэтому при увеличении осадков сток может уменьшаться [5].

Из (1) следует, что годовой сток может иметь, кроме ежегодного объёма осадков, дополнительные источники пополнения, что существенно усложняет намеченный анализ. Такими источниками могут быть шахтная вода, колодцы, скважины, которые используют воду из замедленного водообменного цикла, а также сбросы очистных сооружений населённых пунктов и предприятий.

Научной целью работы является исследование изменения основных составляющих водного баланса бассейна водосбора: поступающего объёма влаги с атмосферными осадками и притока в водохранилище, как следствие естественного стока. В конкретной климатической зоне известна климатическая норма атмосферных осадков: величина постоянная и не зависящая от времени, а наблюдаемые из года в год колебания осадков связываются с естественными случайными факторами. Наличие нормы осадков обуславливает аналогичную привязку к климатической зоне гидрологической нормы — коэффициента стока или модуля речного стока, которая также не должна зависеть от времени. Вместе с тем, согласно [6] основные гидрологические характеристики могут изменяться под влиянием климатических факторов.

Таким образом, в работе решаются такие задачи:

– анализ колебания атмосферных осадков в бассейне водосбора Исаковского водохранилища за весь период его эксплуатации;

– анализ колебаний притоков в водохранилище за этот же период;

– исследование взаимосвязи основных составляющих водного баланса водосбора: притока в водохранилище, как результат (функция  $Y$ ), и влияния атмосферных осадков, как аргумент  $X$  функции  $Y$ .

**Изложение материала и его результаты.** Исаковское водохранилище было сдано в эксплуатацию в 1953 г., почти семь десятилетий назад. Намного раньше, уже с 1913 г. в бассейне р. Белая работали шахты и попол-

няли её шахтной водой, поэтому приток, заложённый в обоснование объёма водохранилища, был больше естественного речного стока. Следствием ведения горных работ под территорией водосборного бассейна являются зоны с повышенной техногенной инфильтрацией. Объёмы вынимаемых угольных пластов не полностью заполняются обрушенными породами. Образовавшаяся пустотность вследствие постепенного оседания подработанных породных слоев распределяется по всему массиву вплоть до земной поверхности. Во время работы шахты эта пустотность служит инфильтрационной сетью, создающей приток воды в горные выработки. После прекращения работы шахтных водоотливов по мере заполнения горных выработок и породной пустотности уровень воды повышается до уровня водоносных горизонтов активного водообмена, за счет чего увеличивается и речной сток [7]. На последних стадиях заполнения пустотности из-за влагонасыщения пород снижается их прочность и возникают масштабные оседания земной поверхности с выдавливанием накопленных объёмов воды в речные стоки. В нижних течениях рек могут происходить даже подтопления отдельных территорий. Водоотливы шахт могут пополнять приток. Шахтные поля, находящиеся за пределами бассейна водосбора, могут увеличивать приток в горные выработки шахт, подпитывающих водосборные водотоки. Создаваемые шахтами инфильтрационные зоны являются причиной потерь речного стока. Это влияние существовало весь предшествующий период эксплуатации водохранилища, постепенно убывая по мере закрытия шахт (табл. 1).

Естественный речной сток формируется активным водообменным циклом (рис. 1), включает поверхностный сток ( $C_n$ ) и приповерхностный сток ( $\Gamma_{2л}$ ) подземных водоносных горизонтов. Инфильтрационные процессы перетекания осадков в более глубокие горизонты создают в водном балансе (1) запасы влаги в водосборе  $u$ , которые участвуют в замедленном водообменном

цикле. Для бассейна водосбора их следует принимать со знаком «минус» и трактовать как потери. Особенно значительные потери  $u$  возникают в недрах, подработанных шахтами, где накапливаются застойные, мертвые объёмы воды с высоким содержанием растворенных веществ.

Естественный водообмен можно представить уравнением водного баланса

$$W_2 = C_n + \Gamma_{1-2} + I + \Gamma_{2л}, \quad (2)$$

где  $C_n$ ,  $\Gamma_{1-2}$  — годовой поверхностный и подземный объёмы стока в водохранилище;

$I$  — годовой объём испаряющейся воды с бассейна водосбора;

$\Gamma_{2л}$  — годовой объём инфильтрации в глубокие водоносные горизонты;

$W_2$  — годовой объём атмосферных осадков, приходящийся на площадь водосборного бассейна:

$$W_2 = h \cdot F \cdot 10^{-3}, \text{ млн м}^3,$$

где  $h$  — годовые осадки, мм;

$F$  — площадь бассейна водосбора Исаковского водохранилища,  $F = 450 \text{ км}^2$ .

Таблица 1

Шахты, изменявшие приток в Исаковское водохранилище

№	Название шахты	Период эксплуатации	
		начало	конец
1	Украина (Романовская)	1932	2012 (2020)
2	5-бис (Перевальская)	1913	2017
3	2-бис		
4	Селезневская		1971
5	9-бис	1913	1970
6	им. Артема	1913	2020
7	Никанор		
8	Комиссаровская	1955	2003
9	им. Косиора		2001
10	Фашевская	1940	
11	153 (возле п. Запорожье)	1913	1997
12	106		
13	Штеровская	1960	1999
14	Белореченская	1957	

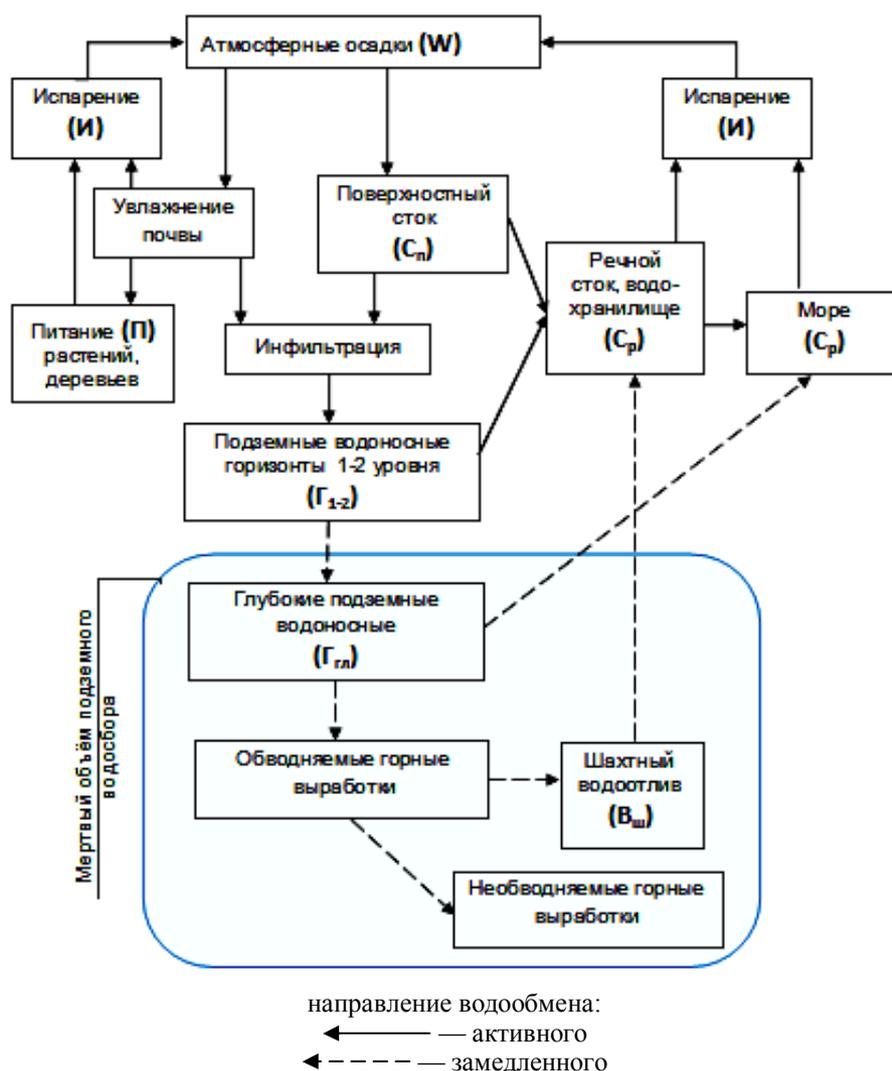


Рисунок 1 Схема активного и замедленного водообмена в бассейне водосбора

Так как норму атмосферных осадков следует считать величиной относительно постоянной и её исходная статистическая база довольно точно и систематически пополняется, то для региона водосбора важной гидрологической характеристикой будет доля речного стока в атмосферных осадках, принимаемых за 100 %. Выражение (2) примет вид

$$100 = \frac{C_p}{W_2} 100 + \frac{I}{W_2} 100 + \frac{\Gamma_{2л}}{W_2} 100, \quad (3)$$

где  $\frac{C_p}{W_2} 100 = \delta_p, \%$  — доля речного стока.

Приток с бассейна водосбора содержит речной сток  $C_p$  и сбросы в основном шахтных вод  $B_{ш}$  (рис. 1) и устанавливается при расчете годового водохозяйственного баланса водохранилища.

На начальном этапе анализа были составлены три временных ряда: в каждый текущий год эксплуатации водохранилища рассчитан среднемноголетний годовой объём притока  $\Pi_{ср.г}$  путем усреднения за прошедшие 20 лет годовых объёмов притока. Аналогично были составлены ряды нормы атмосферных осадков  $W_{ср.г}$  и доли притока в атмосферных осадках  $\delta_{н.ср.г}$ . Текущее значение ряда  $\delta_{н.ср.г}$  определялось по формуле:

$$\delta_{n,cr.2} = \frac{P_{cr.2}}{W_{cr.2}} 100, \% \quad (4)$$

Период усреднения также был принят равным 20-ти годам. Данные по осадкам предоставлены ближайшим метеорологическим постом на территории Луганского государственного аграрного университета.

Изменение показателей  $W_{cr.2}$  и  $P_{cr.2}$  во времени, полученное методом скользящего среднего [8] (рис. 2), отражает сопряженную динамику развития гидрологических и атмосферных процессов. Тренды этих процессов за весь период эксплуатации водохранилища, отмеченные сплошной и пунктирной линиями, свидетельствуют о противоположных тенденциях — объёмы атмосферных осадков увеличиваются, а притоки в водохранилище уменьшаются.

Такая взаимосвязь показателей  $W_{cr.2}$  и  $P_{cr.2}$  противоречит естественным атмосферно-гидрологическим процессам — чем больше объёмы осадков, тем больше должны быть подземные и поверхностные

стоки в поверхностные водные объекты. Если рассмотреть взаимное изменение показателей более детально, то можно выделить периоды, различающиеся по виду их общей динамики.

Весь временной интервал, представленный на рисунках 2 и 3, был разделен на шесть периодов. Периоды № 2 и № 4 характеризуются резким снижением притоков при увеличении осадков.

Причины такого падения притоков очевидны и были обусловлены негативными процессами, происходившими в угольной промышленности Донбасса. Объёмы выкачиваемой шахтной воды резко уменьшались вследствие сокращения количества работающих шахт, соответственно уменьшалась подпитками ими Исаковского водохранилища. Эти негативные процессы в бассейне рассматриваемого водосбора и в целом по отрасли в период № 4 имели общие тенденции, что однозначно наблюдается на рисунке 4. Данные по количеству действующих газовых шахт взяты из работы [9].

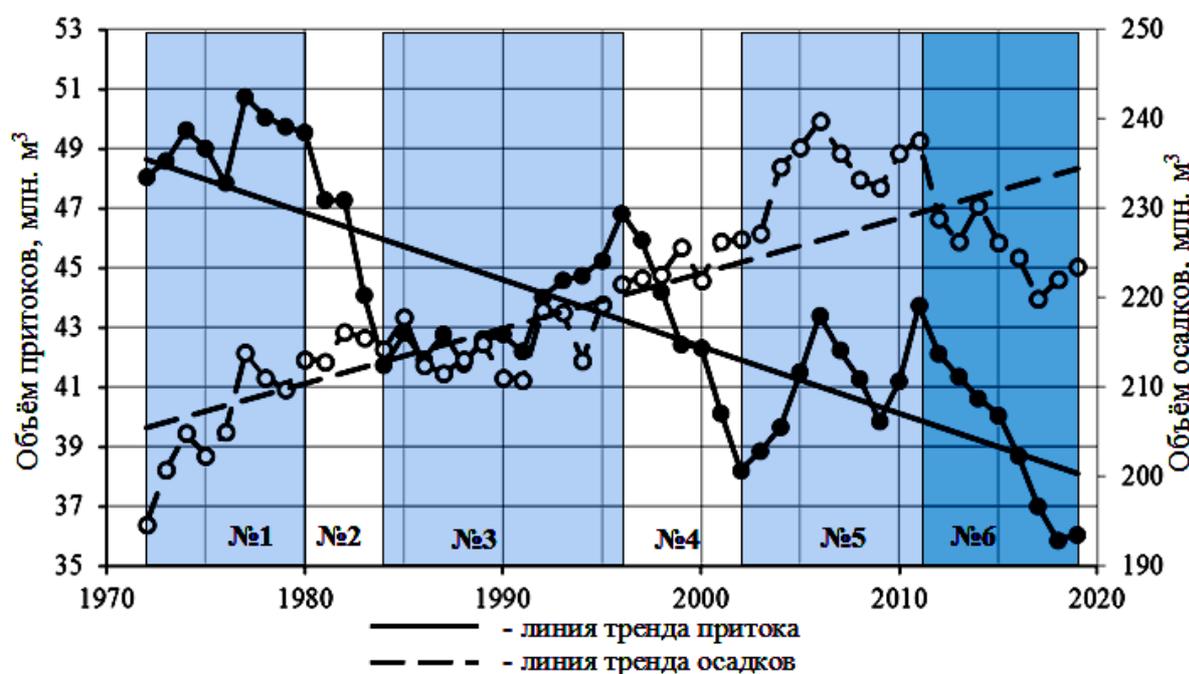


Рисунок 2 Тренды среднееголетних годовых объёмов притоков  $P_{cr.2}$  в Исаковское водохранилище и осадков  $W_{cr.2}$  на водосборную площадь

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

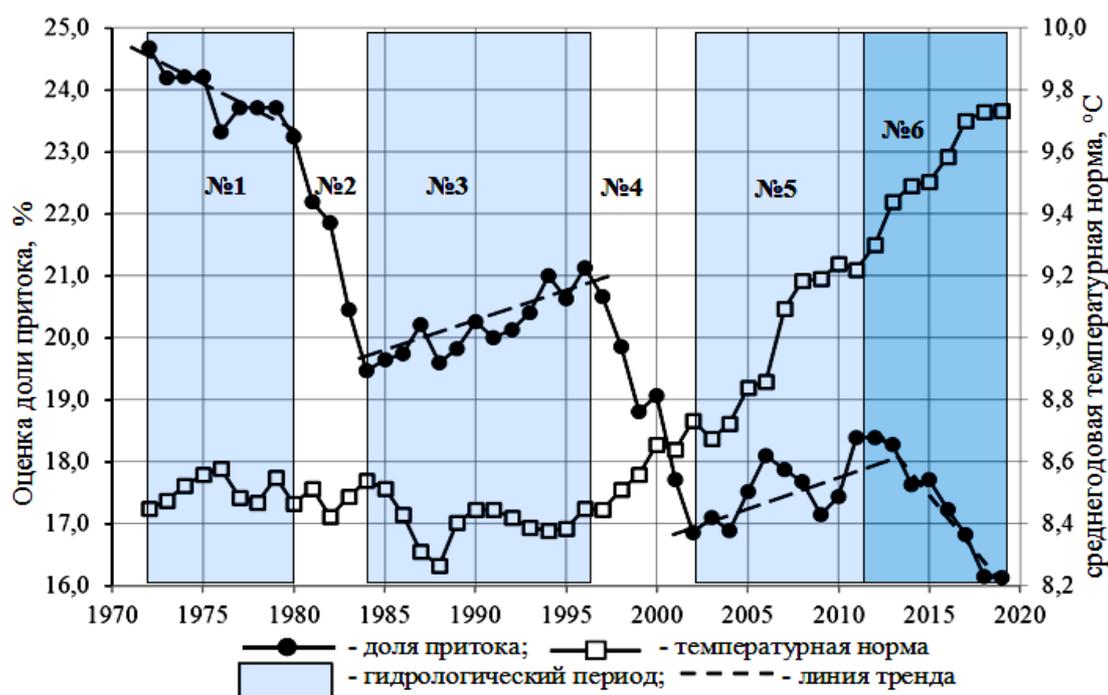


Рисунок 3 Изменение доли притока в атмосферных осадках и среднегодовой температурной нормы по гидрологическим периодам

В периодах № 1, 3, 5 и 6 (рис. 2 и 3) визуально наблюдается естественная взаимосвязь между осадками  $W_{cp.g}$ , притоками  $P_{cp.g}$  и величиной  $\delta_{cp.g}$ . Статистические характеристики этих показателей по выделенным периодам приведены в таблице 2. Средние, минимальные и максимальные значения осадков увеличивались с периода № 1 по № 5 (табл. 2). В последний период по всем этим характеристикам произошло снижение. Среднеквадратическое отклонение от среднего (СКО) было максимальным в период № 1, а в остальные периоды происходил рост неравномерности осадков.

Объёмы притоков по периодам постоянно снижались, что в первую очередь обуславливалось закрытием угольных шахт. Следует отметить, что в период № 1 статистические характеристики притоков были наибольшими, а характеристики осадков были наименьшими. При этом происходило развитие угольной промышленности. Период № 1 фактически охватывает среднемноголетние значения притоков с двадцатилетним диапазоном ус-

реднения от 1953 г. до 1977 г., когда большинство шахт вели работы на глубине водоносных горизонтов в зоне активного водообмена и шахтные водоотливы увеличивали скорость водообмена. В периодах № 3, 5 и 6 неравномерность (СКО) притоков и осадков росла согласованно (табл. 2). Доля притока в осадках уменьшалась по мере закрытия угольных шахт, но в последние периоды стабилизировалась.

Корреляционно-регрессионный анализ выполнялся с помощью программного приложения Statistica. Исходя из графического представления данных на рисунках 2 и 3 для зависимостей  $P_{cp.g}$  от  $W_{cp.g}$  и  $\delta_{cp.g}$  от текущего времени ( $T$ , лет) проверена линейная форма связи:

$$Y = a \cdot X + b. \quad (5)$$

Следует сразу отметить, что наличие положительной зависимости  $P_{cp.g}$  от  $W_{cp.g}$  отражает изменение притока за счет речного стока, так как доля сточных вод в притоке зависит больше от антропогенных факторов.

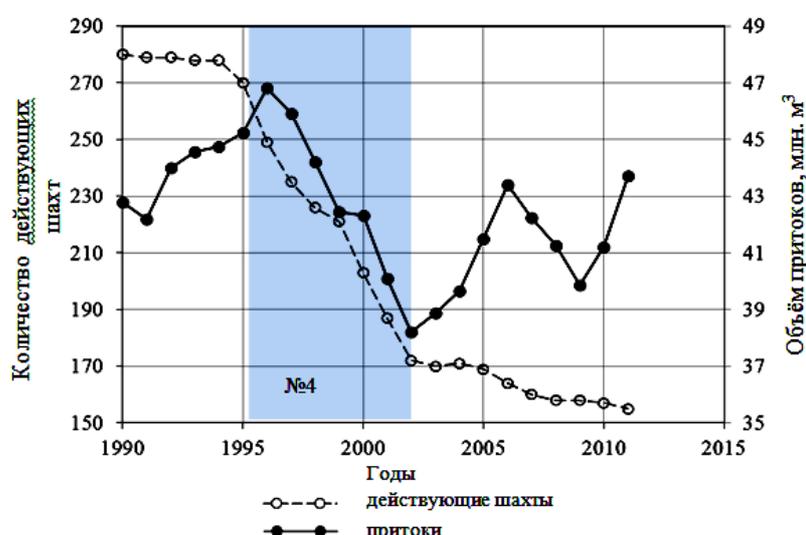


Рисунок 4 Взаимосвязь общей динамики сокращения действующих газовых шахт с притоками  $P_{cp.g}$  в Исаковское водохранилище (иллюстрация причины резкого снижения притоков)

В таблицах 3 и 4 приведены основные результаты анализа:

- значимость по критерию Стьюдента (при уровне значимости 0,05) коэффициентов корреляции  $R$  и детерминации  $R^2$ , коэффициентов регрессии (наличие значимости выделена жирным шрифтом);
- значимость установленной модели функциональной зависимости по критерию Фишера при уровне значимости 0,05;

- $a$  и  $b$  — величины коэффициентов регрессии;

- $S$  — среднеквадратическая ошибка вычисления функции;

- $\varepsilon$  — коэффициент эластичности, %.

Установлены следующие зависимости (табл. 3 и 4):

для периода № 1

$$\delta_{n.cp.g} = -0,14 \cdot T + 24,6; \quad (6)$$

для периода № 3

$$P_{cp.g} = 0,33 \cdot W_{cp.g} - 28,66, \quad (7)$$

$$\delta_{n.cp.g} = 0,12 \cdot T + 19,34; \quad (8)$$

для периода № 5

$$P_{cp.g} = 0,40 \cdot W_{cp.g} - 47,80; \quad (9)$$

для периода № 6

$$P_{cp.g} = 0,45 \cdot W_{cp.g} - 63,05, \quad (10)$$

$$\delta_{n.cp.g} = -0,32 \cdot T + 19,01. \quad (11)$$

Влияние осадков на приток в водохранилище по периодам № 3, 5, 6 адекватно описывается соответственно линейными зависимостями (7, 9, 10), отражающими положительную связь, увеличение осадков приводит к увеличению притоков. Очевидно, в эти периоды были относительно стабильными сбросы шахтных вод, в результате чего проявились естественные закономерности активного водообмена. Тогда был отмечен рост доли притока в осадках (период № 3 на рисунке 3), что подтверждается зависимостями (7) и (8).

Последний период отличается от всех остальных. Тенденция роста осадков резко меняется на падение. Из уравнений (7), (9) и (10) следует, что наибольшее положительное влияние осадков на среднегодовой приток наблюдается в период № 6. Согласно коэффициенту эластичности, снижение осадков на 1 % приводит к наибольшему уменьшению притока, на 2,58 %. Вместе с тем, как следует из уравнения (11), со временем уменьшается процент притока в водном балансе.

**РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

Таблица 2

Статистические характеристики притоков и осадков по периодам

Показатель	Период		Количество значений	Среднее	Мин.	Макс.	СКО
	№	годы					
Осадки, млн. м <sup>3</sup> /год	1	1972–1977	6	203,67	195,00	214,00	6,25
	3	1984–1997	14	215,64	211,00	222,00	3,93
	5	2002–2011	10	234,06	226,53	239,76	4,34
	6	2011–2019	9	226,56	220,00	238,00	5,34
Притоки, млн. м <sup>3</sup> /год	1	1972–1977	6	49,17	48,00	51,00	1,17
	3	1984–1997	14	43,57	41,72	46,82	1,65
	5	2002–2011	10	40,99	38,21	43,72	1,84
	6	2011–2019	9	39,50	35,90	43,70	2,78
Доля притока в осадках, %	1	1972–1977	8	23,96	23,30	24,70	0,44
	3	1984–1997	13	20,15	19,50	21,10	0,52
	5	2002–2011	10	17,51	16,90	18,40	0,51
	6	2011–2019	9	17,41	16,13	18,40	0,90

Таблица 3

Корреляционно-регрессионный анализ зависимости  $W_{ср.г}$  от  $П_{ср.г}$

Период		R	R <sup>2</sup>	a	b	S	Э	Форма связи
№	годы							$Y = aX + b$
1	1972–1977	0,80	0,64	0,15	-18,58	0,78	-	не значима
3	1984–1997	<b>0,80</b>	<b>0,64</b>	<b>0,33</b>	-28,66	1,03	1,66	<b>значима</b>
5	2002–2011	<b>0,90</b>	<b>0,80</b>	<b>0,40</b>	<b>-47,80</b>	0,87	2,17	<b>значима</b>
6	2011–2019	<b>0,87</b>	<b>0,76</b>	<b>0,45</b>	<b>-63,05</b>	1,46	2,58	<b>значима</b>

Таблица 4

Корреляционно-регрессионный анализ зависимости  $\delta_{н.ср.г}$  от времени

Период		R	R <sup>2</sup>	a	b	S	Форма связи
№	годы						$Y = aX + b$
1	1972–1977	<b>-0,78</b>	<b>0,62</b>	<b>-0,14</b>	<b>24,6</b>	0,29	<b>значима</b>
3	1984–1997	<b>0,88</b>	<b>0,77</b>	<b>0,12</b>	<b>19,34</b>	0,26	<b>значима</b>
5	2002–2011	0,63	0,40	0,11	<b>16,92</b>	0,42	не значима
6	2011–2019	<b>-0,97</b>	<b>0,94</b>	<b>-0,32</b>	<b>19,01</b>	0,22	<b>значима</b>

Причина таких изменений, скорее всего, связана с наступившими климатическими изменениями в нашем регионе, характеристику которых очень убедительно добавляет аналогичный временной ряд изменения температурной нормы воздуха (рис. 3). С третьего периода по пятый включительно среднегодовая температурная норма воздуха совпадает с ростом осадков и положительным влиянием на притоки. Дальнейший рост температуры в последний, шестой период, привел, как подтверждают климатологи, к резким негативным по-

следствиям — в водном балансе бассейна водосбора происходит существенное снижение поверхностного и подземного речного стока за счет увеличения доли осадков, приходящейся на испарение.

Изменение климатических норм во времени (среднегодовых годовых значений атмосферных осадков, годовых температурных норм), среднегодовых годовых значений в периоды № 3, 5 и 6 (рис. 2 и 3), наличие значимых связей (7, 9, 10) свидетельствует об отсутствии стационарности средних значений в используемом

двадцатилетнем периоде усреднения. Такие последствия изменения климата подтверждаются исследованиями [6]. Для практического использования результатов гидрологических исследований стандартом [6] требуется уточнение периода стационарности (квазистационарности).

**Выводы.** В последнее десятилетие наличие зависимостей между среднегодовыми значениями притоков и годовой нормой атмосферных осадков, между долей притока в водном балансе и временем свидетельствует об изменении климатических условий в бассейне водосбора Исаковского водохранилища, нестационарности величины средних годовых притоков.

Проявляющиеся противоположные тенденции увеличения температурной нормы и снижения нормы годовых атмосферных осадков являются причиной снижения поверхностного и подземного стока.

Дополнительным негативным проявлением климатических изменений является снижение доли притока в водном балансе бассейна водосбора за счет увеличения доли испарения.

Из полученных результатов следует, что для оценки модуля речного стока в бассейне реки Белая необходимо уточнение:

- длительности квазистационарности (неизменчивости) модуля речного стока, обеспечивающего более надёжное прогнозирование наполняемости водохранилища;
- объёмов водопотребления и сбросов в бассейне водосбора;
- зонирования повышенной глубинной инфильтрации атмосферных осадков в пределах шахтных полей на территории бассейна;
- влияния изменения климата на водный режим водотоков путем их посезонного мониторинга.

### Библиографический список

1. Воскресенский, К. П. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на малых реках и временных водотоках. Методические основы и практика [Текст] / К. П. Воскресенский. — Ленинград : Гидрометеорологическое издательство, 1956. — 467 с.
2. Воскресенский, К. П. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза [Текст] : монография / К. П. Воскресенский. — Ленинград : Гидрометеорологическое издательство, 1962. — 540 с.
3. Многолетняя динамика показателя «баланс влаги» в Луганской области [Текст] // Е. Д. Долгих, Соколов И. Д. и др. // Збірн. наукових праць ЛНАУ. — Луганськ : Елтон-2, 2006. — № 66 (89). — С. 135–142.
4. Антропогенные изменения климата в XXI веке в северной Евразии [Текст] / В. П. Мелешко, В. М. Катцов, В. А. Говоркова и др. // Метеорология и гидрология. — 2004. — № 7. — С. 5–26.
5. Изменение климата Луганщины и его прогнозирование. Основания для оптимизма [Текст] : монография / И. Д. Соколов, М. В. Орешкин, О. М. Медведь и др. — Луганск : ФЛП, 2017. — 200 с.
6. СТО ГТИ 52.08.41–2017. Основные гидрологические характеристики при нестационарности временных рядов, обусловленной влиянием климатических факторов [Текст]. — СПб. : ФГБУ «ГТИ», 2010. — 42 с. — (Стандарт организации Росгидромета).
7. Ворхлик, И. Г. Технология закрытия (ликвидации) угольных шахт [Текст] : учеб. пособ. для вузов / И. Г. Ворхлик, В. И. Стрельников, И. Ф. Ярембаиш. — Донецк : ДонНТУ, 2004. — 238 с.
8. Кендэл, М. Временные ряды [Текст] / пер. с англ. и предисл. Ю. П. Лукашина. — М. : Финансы и статистика, 1981. — 199 с.
9. Кочерга, В. М. Обґрунтування параметрів способу дегазації виїмкової дільниці з використанням свердловин у неконтрольованих виробках [Текст] : дис. .. канд. техн. наук / В. М. Кочерга. — Дніпро, 2018. — 254 с.

© Павлов В. И.  
 © Кусайко Н. П.  
 © Кулакова С. И.

*Рекомендована к печати к.э.н., зав. каф. высшей математики ДонГТИ Мельничук Д. А.,  
помощником министра природных ресурсов и экологической безопасности ЛНР  
Крамаренко А. А.*

*Статья поступила в редакцию 22.05.2021.*

**PhD in Technical Sciences Pavlov V. I., Kusayko N. P., Kulakova S. I.** (*DonSTI, Alchevsk, LPR, pavlow2005@rambler.ru*)

**ANALYSIS OF CHANGES IN WATER BALANCE COMPONENTS OF THE ISAKOVO RESERVOIR CATCHMENT**

*A comparative study of the change dynamics in long-term annual inflows into the Isakovo storage lake, the norm of atmospheric precipitation and the temperature norm has been carried out. It was found that due to the growing air temperature increase, the average value of the natural inflow within averaging period of 20 years has lost its stability. For the last decade, there has been a steady tendency towards a decrease in inflow share in the water balance of the catchment due to an increase in the share of evaporated moisture.*

**Key words:** *reservoir (storage lake), catchment basin, tributaries, underground runoff, surface runoff, climatic norm, long-term annual value, stability of the average, water balance, runoff share, evaporation share, climate change.*