

# НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Татьяна Михайловна ВЕШКУРЦЕВА —  
ассистент кафедры геоэкологии  
Тюменского государственного университета  
[hydrolog@mail.ru](mailto:hydrolog@mail.ru)

УДК 556.5:627.47

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА РЕК ТОБОЛ И ИШИМ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

### TRANSFORMATION OF WATER RELATIONSHIPS OF THE RIVERS TOBOL AND ISHIM UNDER ANTHROPOGENIC INFLUENCE

*АННОТАЦИЯ.* Проведена оценка влияния руслового регулирования на водный режим рек Тобол и Ишим. Результаты расчетов указывают на уменьшение всех категорий стока, как в период заполнения водохранилищ, так и в период их стационарной работы. Наибольшее изменение претерпели максимальные расходы и минимальный сток в период летнее-осенней межени.

*SUMMARY.* The influence of channel storage on the water relationships of the rivers Tobol and Ishim has been evaluated. The results of calculations point at the decrease of all categories of runoff in the period of reservoir priming as well as during their permanent activity. The most of the changes occurred in their maximal runoff and minimal summer water supply.

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.* Водоохранилища, русловое регулирование, трансформация стока, среднегодовые, максимальные и минимальные расходы воды.

*KEY WORDS.* Reservoir; channel storage; runoff transformation; annual average, maximal, minimal runoff.

**Введение.** Увеличение антропогенного воздействия на природную среду, изменение структуры народного хозяйства во второй половине XX века вызвали необходимость оценки изменения водных ресурсов под влиянием хозяйственной деятельности.

В настоящее время существует большое количество работ, которые посвящены исследованию влияния как отдельных видов, так и всего комплекса факторов хозяйственной деятельности на сток рек [1], [2], [3], [4], [5], [6], изменяющих сток в различных направлениях. Часто антропогенные изменения накладываются на естественные колебания стока, амплитуда которых обычно значительно превышает искусственные изменения. Поэтому оценка и прогноз влияния хозяйственной деятельности на сток рек затруднены. Использование методических приемов для оценки влияния хозяйственной деятельности на сток, разработанных для крупных рек, не всегда применимы для малых и средних рек. Применительно к малым и средним рекам исследований значительно меньше и, как правило, они охватывают только отдельные виды хозяйственной деятельности, характерные для отдельных бассейнов.

Проблема изменения речного стока вследствие регулирования актуальна и для западносибирских рек. Крупные и малые водотоки Тюменской области зарегулированы сезонными и многолетними водохранилищами.

Наиболее крупные притоки Иртыша, такие как Ишим и Тобол, обеспечивают водными ресурсами не только Тюменскую область, но и соседние регионы РФ, а также сопредельное государство — Республику Казахстан.

В целях обеспечения потребностей в воде горно-обогатительных комбинатов, городов и поселков в верхнем течении р. Тобол (до г. Кустанай) создан каскад из 8 водохранилищ, из которых Верхнетобольское и Каратамарское являются многолетними, а остальные — сезонными регуляторами стока. Сток р. Ишим также зарегулирован. На территории Казахстана регулирование стока осуществляется тремя водохранилищами: Вячеславским, Сергеевским, Петропавловским; на территории же Тюменской области регулирование стока Ишима и его притоков осуществляется гидротехническими сооружениями меньших масштабов (15 противопаводковых дамб, 7 дамб обвалования накопительных стоков; 6 прудов, расположенных на притоках р. Ишим).

Введение таких мощных регуляторов стока повлекло за собой изменение гидрологического режима вышеуказанных рек. Количественная оценка произошедших изменений и являлась целью данного исследования.

**Материалы и методы.** Методы, применяемые в настоящее время в гидрологической практике для оценки и прогноза антропогенных изменений речного стока, объединены в следующие группы [2], [6], [9]: 1) статистические методы; 2) водобалансовые методы; 3) методы математического моделирования; 4) методы физического моделирования; 5) методы активного эксперимента.

Методы физического и математического моделирования, а также активного эксперимента применимы при наличии сложного оборудования, надежных исходных данных и принятых расчетных уравнений, что существенно сужает возможность их широкого использования на практике.

Использование водобалансовых методов для количественной оценки воздействия хозяйственной деятельности требует точных данных о масштабах деятельности на бассейне за весь период наблюдений. Получение такой достаточно надежной информации проблематично.

Статистические методы основываются на использовании материалов наблюдений за многолетний период, в течение которого можно выделить периоды естественного и нарушенного стока. Суть методических приемов заключается в восстановлении естественных характеристик гидрологического режима и сравнении их с наблюдаемыми характеристиками. Определение момента нарушения однородности рядов наблюдений — важный этап при оценке изменения водного режима рек под воздействием антропогенных факторов.

При отсутствии данных о количественных характеристиках прудов и водохранилищ наиболее распространенным для оценки их влияния на режим стока является способ восстановления естественных характеристик исследуемой реки по реке-аналогу, или так называемому контрольному водосбору, имеющему ненарушенный режим [6], [9].

Такой способ был использован для восстановления естественных гидрологических характеристик рек Тобол и Ишим по реке-аналогу Вагай, которая имеет ненарушенный гидрологический режим. Обязательным условием при

использовании вышеуказанного способа является наличие периодов совместимых наблюдений.

В работе использованы материалы сетевых гидрометеорологических наблюдений за многолетний период (1960-2006 гг.), в течение которого можно выделить периоды естественного и нарушенного стока. Для этой цели был использован способ интегральных кривых. На графике строят связи стока двух рек, но чаще не самих данных о стоке, а их интегральных значений (т.е. последовательных погодичных сумм стока в зависимости от времени) [7], [9].

В качестве критериев, по которым проводился анализ, были выбраны среднегодовые расходы, максимальный расход за половодье, минимальные летние и зимние объемы стока за 30-дневные периоды.

При проведении количественной оценки влияния каскада водохранилищ на водный режим р. Тобол для восстановления естественного стока реки были использованы данные двух постов — с. Звериноголовское и г. Ялуторовск. Для получения восстановленных значений стока и последующей оценки влияния функционирования водохранилищ на водный режим реки Ишим были использованы данные по постам: с. Ильинское и г. Ишим.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты расчета потерь стока р. Тобол в районе постов с. Звериноголовское и г. Ялуторовск на основе анализа построенных графиков интегральных кривых указывают на значительное уменьшение всех категорий стока (табл. 1, 2).

Таблица 1

**Изменение стока р. Тобол на посту у с. Звериноголовское под влиянием руслового регулирования за 1962-1985 гг.**

Категория стока	Зарегулированный сток	Восстановленный сток	Изменение стока, раз
Среднегодовой расход, м <sup>3</sup> /с	30,2	43,6	1,44
Максимальный расход, м <sup>3</sup> /с	196,6	286,9	1,46
Минимальный летний сток, м <sup>3</sup> /с	12,8	23,6	1,84
Минимальный зимний сток, м <sup>3</sup> /с	4,51	5,56	1,23

Результаты расчетов позволяют говорить о значительном изменении гидрологического режима реки Тобол под влиянием водохранилищ, направленном в сторону уменьшения практически всех характеристик стока.

Рассмотрим подробнее каждую категорию стока по двум постам.

Таблица 2

**Изменение стока р. Тобол на посту г. Ялуторовск под влиянием руслового регулирования за 1962-1985 гг.**

Категория стока	Зарегулированный сток	Восстановленный сток	Изменение стока, раз
Среднегодовой расход, м <sup>3</sup> /с	105,6	148,6	1,41
Максимальный расход, м <sup>3</sup> /с	630,1	822,2	1,3

Окончание табл. 1

Минимальный летний сток, м <sup>3</sup> /с	51,1	81,7	1,6
Минимальный зимний сток, м <sup>3</sup> /с	4,91	—	—

Для с. Звериноголовское характерно более заметное снижение стока, что, скорее всего, связано с его географическим положением. Данный пункт расположен в Курганской области, в верхнем течении Тобола, и здесь река еще не испытывает влияния крупных притоков.

Графики связи интегральных значений годового стока рр. Тобол (с. Звериноголовское) и Вагай (с. Черное) указывают на уменьшение среднегодового стока реки Тобол, начиная с 1969 года, что совпадает с периодом заполнения чаш и введением в эксплуатацию водохранилищ. Уменьшение отмечается на 13,4 м<sup>3</sup>/с, или в 1,44 раза относительно среднегодового стока в естественных условиях.

Уменьшение максимального стока наблюдается позже — с 1971 года. Согласно интегральным кривым, в 1970 и 1971 гг. наблюдается отклонение фактических значений максимального стока от восстановленных естественных в сторону увеличения. Это может быть связано с обустройством и введением в эксплуатацию мощного Верхнетобольского водохранилища, а именно с осуществлением весенних попусков воды (когда создается так называемый искусственный паводок). В связи с этим было произведено два расчета влияния водохранилищ на водный режим Тобола — с учетом и без учета этих двух лет. Если при расчете использовать значения 1970 и 1971 гг., то можно наблюдать увеличение максимального стока р. Тобол относительно естественных показателей в среднем на 5,5%. Если же значения 1970 и 1971 гг. при расчете не учитывать, максимальный сток будет уменьшаться в среднем на 90,3 м<sup>3</sup>/с, или в 1,46 раза, причем последние данные можно считать более достоверными, поскольку кривая фактических значений в последующие годы сохраняет тенденцию к уменьшению значений максимального стока. Такое положение объясняется аккумуляцией большей части весеннего стока в водохранилищах.

Наиболее сильно на зарегулированность р. Тобол крупными водохранилищами отреагировал минимальный летний сток. Его уменьшение наблюдается с 1971 года. За период с 1971 по 1985 г. минимальный летний сток уменьшился в среднем на 10,8 м<sup>3</sup>/с, или в 1,84 раза. Это можно объяснить аккумуляцией воды в водохранилищах и заполнением русла водой в недостаточном объеме, а также особенно высоким испарением с водной поверхности водохранилища в это время. Кроме того, важным фактором является повышенное сезонное потребление воды на питьевые нужды, нужды сельского и коммунального хозяйства.

Зимний минимальный сток изменился не столь существенно, его уменьшение наблюдается только с 1975 года. За период с 1975 по 1985 гг. минимальный зимний сток уменьшился в среднем на 1,05 м<sup>3</sup>/с (1,23 раза), что в большей степени связано с малыми фактическими значениями зимнего стока, а также поддержанием водности реки за счет санитарных попусков.

Второй пост (г. Ялуторовск) расположен уже в среднем течении реки, на значительном удалении от водохранилищ. Здесь на объем стока р. Тобол оказывают влияние крупные притоки — Тура с Пышмой, Миасс. Река становится более полноводной, а изменения гидрологического режима — не столь существенными. Тем не менее для реки характерно уменьшение значений практически всех категорий стока.

Графические построения связи интегральных значений годового стока рр. Тобол (г. Ялуторовск) и Вагай четко указывают на уменьшение среднегодового стока Тобола с 1969 года. В среднем за 1969-1985 гг. годовой сток Тобола уменьшился в 1,41 раза. В соответствии с проведенными расчетами максимальный сток уменьшился на 192,1 м<sup>3</sup>/с, или в 1,3 раза. Столь заметное снижение величин стока возможно в результате аккумуляции большей части весеннего стока в водохранилищах. Как и на первом посту, при зарегулированности реки сильнее всех претерпел изменения минимальный летний сток. Его уменьшение наблюдается с 1971 года. За период с 1971 по 1985 гг. минимальный летний сток уменьшился в среднем на 1,6 раза. Прежде всего это объясняется значительным водопотреблением на хозяйственные нужды.

Зимний минимальный сток у г. Ялуторовск не отреагировал на регулирование стока р. Тобол водохранилищами, за весь период наблюдений его значения практически не изменились в сторону уменьшения или увеличения. Данное обстоятельство скорее всего связано с осуществлением гарантированных санитарных попусков.

На основе проведенных работ и выполненных расчетов для р. Ишим, можно констатировать, что до 1967 г. отклонений от естественных объемов не наблюдается. Затем, начиная с 1968 г., в связи с заполнением чаши водохранилища и последующей его эксплуатацией, водность реки заметно уменьшилась.

По полученным построениям четко прослеживается значительное уменьшение всех категорий стока как на посту в с. Ильинское, так и на посту г. Ишим (табл. 3, 4). Так, за период с 1962 по 1982 гг. среднегодовой сток реки у с. Ильинское уменьшился на 41,04 м<sup>3</sup>/с, что в 1,99 раза ниже годового стока при естественных условиях. Значение максимального расхода снизилось на 569,49 м<sup>3</sup>/с. Величины минимального стока в летний период уменьшились в 1,8 раза. Санитарные попуски водохранилищ в период закрытого русла обеспечивают неизменность водного режима реки [7].

Имеющийся неразрывный ряд данных только по посту г. Ишим позволил сделать расчеты по влиянию регулирования стока по 2006 г. включительно. Продление рядов наблюдений за основными характеристиками стока р. Ишим, даже на большом удалении от водохранилищ, также указывает на изменение стока по аналогичным характеристикам.

Таблица 3

**Изменение стока р. Ишим на посту у с. Ильинское  
под влиянием руслового регулирования за 1967-1982 гг.**

Категория стока	Зарегулированный сток	Восстановленный сток	Изменение стока, раз
Среднегодовой расход, м <sup>3</sup> /с	41,49	82,53	1,99
Максимальный расход, м <sup>3</sup> /с	343,69	913,15	2,7
Минимальный сток за летне-осеннюю межень, м <sup>3</sup> /с	8,47	14,85	1,8
Минимальный сток за зимнюю межень, м <sup>3</sup> /с	4,86	4,42	—

По полученным графикам и восстановленным значениям для г. Ишима также прослеживается снижение годового стока в результате руслового регулирования. На основе проведенных работ и выполненных расчетов четко прослеживается значительное уменьшение стока в современный период (табл. 5). Так, среднегодовой расход вследствие влияния водохранилищ снизился на 34,52 м<sup>3</sup>/с или в 1,62 раза. Максимальные расходы речных вод уменьшились вдвое или на 449,48 м<sup>3</sup>/с от возможного. При этом на современном этапе отклонение становится еще большим. Минимальные летне-осенние расходы также претерпели изменения, их уменьшение наиболее ощутимо для экосистемы реки и ведения хозяйства на ее водосборе. Уменьшение составило 2,27 раза или на 15,8 м<sup>3</sup>/с.

Таблица 4

**Изменение стока реки Ишим на посту у г. Ишим  
под влиянием руслового регулирования за 1967-2006 гг.**

Категория стока	Зарегулированный сток	Восстановленный сток	Изменение стока, раз
Среднегодовой расход, м <sup>3</sup> /год	55,99	90,51	1,62
Максимальный расход, м <sup>3</sup> /с	427,15	876,63	2,05
Минимальный сток за летне-осеннюю межень, м <sup>3</sup> /с	12,49	28,29	2,27
Минимальный сток за зимнюю межень, м <sup>3</sup> /с	5,94	6,05	1,01

Исключением, так же как в случае с р. Тобол, являются минимальные 30-дневные зимние расходы. До 1988 г. отмечалось снижение стока в зимний период. Далее сток сравнялся с естественным и даже немного превысил его, что вызвано осуществлением санитарных попусков.

Таким образом, в связи с близким расположением относительно водохранилищ особенно заметны изменения категорий стока у поста Ильинское. Особенно сильно проявляется влияние работы водохранилищ на среднегодовые значения стока и максимальные расходы, что можно объяснить задержанием больших объемов воды в этих резервуарах, а также минимального стока летне-осенней межени (сокращение под влиянием более активной хозяйственной деятельности в теплое время года, а также аккумуляция воды в водохранилищах). Наименьшее изменение претерпел минимальный сток за зимнюю межень. Зачастую его показатели при зарегулированном режиме выше восстановленных, что объясняется санитарными попусками воды и подготовкой водохранилищ к приему весеннего стока.

Уменьшение водности рек сказывается на их экологическом состоянии, а также на состоянии поймы. Так, сократились случаи выхода вод на пойму в связи с общим понижением уровней. Это повлекло за собой оскудение пастбищных угодий и покосов, снижение их урожайности. После заполнения водохранилищ половодье оказывается растянутым. Иногда наблюдаются две волны, последняя из которых обусловлена переполнением водохранилища. Снижение меженных уровней вызывает изменения русел рек в плане.



Результаты проведенного исследования сопоставимы с результатами других авторов, занимающихся проблемой водохранилищ. В частности, А.П. Носаль и Т.В. Логинова [5] провели оценку влияния хозяйственной деятельности на сток бассейна Тобол на основании расчетных уравнений множественной линейной регрессии стока от стокоопределяющих климатических факторов. Согласно их данным, в целом для рек бассейна р. Тобол характерно снижение величины годового стока. В противоположность годовому стоку минимальный зимний сток увеличивается. Значимое снижение минимумов зимней межени отмечается ниже крупных промышленных центров, и при перехвате меженного стока системой Тобол водохранилищами приводит к уменьшению практически всех категорий стока прудов. Для минимального стока летне-осенней межени в основном характерно снижение его величин, составляющее в среднем около 30%. В целом влияние хозяйственной деятельности в большей степени сказывается на минимальном стоке, чем на годовом.

В работе Г.М. Веретенникова и В.П. Колмогорова [1] была выполнена оценка трансформации годового стока р. Ишим. Результаты их исследований согласуются с теми, что получены во время выполнения данной работы, т.е. также отмечается уменьшение годового стока реки на 42%. Однако в работе [1] не учитывались все категории стока, а период их исследования соответствовал периоду заполнения водохранилищ без учета устойчивой стационарной работы.

Исходя из представленного выше, следует, что даже при использовании разных методов оценки общая направленность к изменению гидрологического режима рр. Тобол и Ишим под влиянием хозяйственной деятельности сохраняется.

#### **Выводы**

1. Реки Тобол и Ишим являются трансграничными; исток, верхняя и средняя части бассейнов рек находятся на сопредельных территориях. В 1960-70-е гг. для удовлетворения водохозяйственных нужд на рр. Тобол и Ишим были сооружены водохранилища, как многолетнего, так и сезонного регулирования. В результате задержания стока этими резервуарами ухудшилось экологическое состояние рек.

2. Количественная оценка изменения режима стока рр. Тобол и Ишим выполнена на основе связей интегральных значений различных категорий их стока и реки-аналога Вагай по четырем створам (с. Звериноголовское и г. Ялуторовск — на р. Тобол, с. Ильинское и г. Ишим — на р. Ишим).

3. Наибольшие потери всех категорий стока наблюдались в моменты заполнения чаш водохранилищ: с 1969 г. по 1971 г. на р. Тобол (Верхнетобольское водохранилище), и с 1967 г. по 1970 г. — на р. Ишим, когда происходило заполнение Петропавловского и Сергеевского водохранилищ. В последующий период (стационарная работа) влияние несколько снизилось, но все равно оставалось существенным.

4. В связи с близким расположением относительно водохранилищ особенно заметны изменения категорий стока р. Тобол на посту с. Звериноголовское, на р. Ишим на посту с. Ильинское. Изменение стока составило для с. Звериноголовское: среднегодовой расход уменьшился в 1,44 раза, максимальный расход в 1,46 раза, минимальный расход за период летне-осенней межени в 1,23 раза, зимний минимальный сток в 1,23 раза; для с. Ильинское: среднегодовой расход уменьшился в 1,99 раза, максимальный расход в 2,7 раза, минимальный расход за период летне-осенней межени в 1,8 раза.

5. Несмотря на большее удаление от водохранилищ, кривые связи интегральных значений аналогичных характеристик стока для створов в г. Ялуторовск (р. Тобол) и г. Ишим (р. Ишим) также показывают значительное влияние зарегулированности реки на естественный ход водного режима. Снижение харак-

теристик на этих постах составило: среднегодовой сток на 43,0 м<sup>3</sup>/с (г. Ялуторовск) и 34,52 м<sup>3</sup>/с (г. Ишим), максимальный расход — 192,1 м<sup>3</sup>/с и 449,48 м<sup>3</sup>/год, минимальный сток за летне-осеннюю межень — 30,6 м<sup>3</sup>/год и 15,8 м<sup>3</sup>/с соответственно.

6. Как на р. Тобол, так и на р. Ишим особенно сильно влияние работы водохранилищ проявляется на максимальных расходах, что можно объяснить задержанием больших объемов воды в резервуарах и на минимальном стоке за летне-осеннюю межень (сокращение под влиянием более активной хозяйственной деятельности в теплое время года, а также аккумуляция воды в водохранилищах). Вследствие осуществления водохранилищами санитарных попусков воды и подготовки их чаш к приему весеннего стока минимальный сток за зимнюю межень претерпел наименьшее изменение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водогрецкий В.Е. Антропогенные изменения стока малых рек. Л.: Гидрометеоздат, 1990. 176 с.
2. Калинин В.М., Ларин С.И., Романова И.М. Малые реки в условиях антропогенного воздействия. Тюмень: 1998. 219 с.
3. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. Л.: Гидрометеоздат, 1990. 230 с.
4. Носаль А.П., Логинова Т.В. Оценка антропогенного изменения стока в бассейне Тобола при помощи статистических методов. Водное хозяйство России. Т. 1, № 3, 1999.
5. Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. Л., Гидрометеоздат, 1979. 302 с.
6. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 334 с.
7. Парфенова Г.К. Методические основы оценки антропогенного воздействия на водные ресурсы. Томск: 1993. 171 с.
8. Трусилова Т.М., Севидова Л.П. Трансформация режима стока реки Ишим под влиянием каскада водохранилищ // Вестник ТюмГУ. 2003. № 2. С. 164-171.
9. Веретенников Г.М., Колмогоров В.П. Оценка влияния каскада водохранилищ на годовой сток реки Ишим // Тр. ГГИ. Вып. 315. 1986. С. 41-47.

*Владимир Матвеевич КАЛИНИН —  
профессор кафедры геоэкологии  
Тюменского государственного университета,  
доктор географических наук  
vm\_kalinin@mail.ru*

УДК 556.535.8

---

### **ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ФОНА НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИРОДНЫХ ВОД НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

### **FORMATION OF TECHNOGENIC BACKGROUND OF OIL HYDROCARBONS IN NATURAL WATERS OF THE OIL-AND GAS FIELDS**

*АННОТАЦИЯ. На основании данных наблюдений на нефтяном месторождении Тюменской области установлена определяющая роль миграции из недр углеводородов в формировании их нового техногенного фона в природных водах.*