

## АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ БАСЕЙНА ВЕРХНЕЙ ОБИ В РАЗНЫЕ ПО ВОДНОСТИ ПЕРИОДЫ: ДИНАМИКА И ПРОГНОЗ

**Н.В. Стоящева**

E-mail: stoyash@mail.ru

*ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения  
Российской академии наук», г. Барнаул, Россия*

**АННОТАЦИЯ:** Рассмотрены вопросы загрязнения водных объектов сточными водами, поступающими от промышленных и коммунальных предприятий. Выполнен обзор методических подходов к оценке антропогенной нагрузки на водные объекты, приводящей к изменению качества вод. Проведена оценка уровня антропогенной нагрузки на водные объекты бассейна Верхней Оби с использованием таких показателей, как кратность разбавления сточных вод и условная нагрузка загрязняющими веществами с учетом их условной (приведенной к ПДК) массы. Расчет осуществлен для разных по водности периодов: средней и минимальной водности, летне-осенней и зимней межени.

Выявлено, что максимальная кратность разбавления сточных вод (свыше 1000 раз) характерна для горных рек Республики Алтай и Алтайского края, севера Томской области. Минимальной кратностью отличаются реки индустриально нагруженных регионов: Чулым, Иня, Томь, Кондома, Алей и Касмала с незначительными объемами стока. Оценка условной нагрузки загрязняющими веществами, выполненная для бассейна р. Томь, показала, что в наибольшей степени загрязнению подвержены малые и очень малые реки, в которые сточные воды зачастую сбрасываются без очистки. Прогноз динамики антропогенной нагрузки, выполненный на основе материалов стратегических документов социально-экономического развития регионов до 2035 г., показал сокращение значений кратности разбавления сточных вод на фоне значительного увеличения объемов использованной воды.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** водные объекты, бассейн Верхней Оби, период водности, сточные воды, антропогенная нагрузка, загрязняющие вещества, малые реки.

Проблема антропогенной нагрузки на водные объекты приобретает все большую актуальность, и касается это не только вододефицитных регионов. На водосборах полноводных сибирских рек при в целом невысоком уровне антропогенной нагрузки отмечаются отдельные участки с напряженной экологической обстановкой, обусловленной, прежде всего, значительными объемами сбрасываемых сточных вод, в т. ч. загрязненных.

© Стоящева Н.В., 2020

Обь – одна из крупнейших водных артерий Российской Федерации. В границах Обь-Иртышского бассейна площадью 2,2 млн км<sup>2</sup> расположены Республика Алтай, Алтайский край, Новосибирская, Кемеровская, Томская, Омская, Курганская, Тюменская обл., большая часть Челябинской и Свердловской обл., а также частично – территории Красноярского края и Республики Хакасия. Первые пять регионов находятся в ведении Верхне-Обского бассейнового водного управления (БВУ), Омская, Курганская, Тюменская, Челябинская и Свердловская области – Нижне-Обского БВУ, большая часть бассейна Чулыма и Томи на территории Красноярского края и Республики Хакасия – к Енисейскому БВУ.

Среди всех перечисленных субъектов РФ лидером как по объемам забранной воды, так и сброшенных сточных вод является Кемеровская область, на территории которой в 2017 г. отведено в поверхностные водные объекты 29 % общего объема сточных вод, из них 10 % – воды, не прошедшие никакой очистки. Что касается водных объектов, примерно по 30 % от общего объема сточных вод Обь-Иртышского бассейна приходится на реки Томь и Иртыш (с Тоболом). Некоторые водотоки и водоемы уже сегодня не в состоянии справиться с поступающими в них загрязненными сточными водами. Особенно сложная ситуация возникает в маловодные годы и периоды летне-осенней и зимней межени.

Целью исследования является оценка уровня антропогенной нагрузки на водные объекты бассейна Верхней Оби. Для ее достижения были выполнены следующие задачи: рассчитан показатель кратности разбавления сточных вод для водных объектов бассейна в разные по водности периоды, а также летне-осенней и зимней межени; для рек бассейнов Томь и Алей, как одних из наиболее нагруженных притоков Верхней Оби, выполнена оценка условной нагрузки загрязняющими веществами в средние по водности годы; на основе прогнозных значений объемов сбросов сточных вод на период до 2035 г. смоделирована динамика уровня антропогенной нагрузки на водные объекты.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Для оценки антропогенной нагрузки на водные объекты, приводящей к изменению качества вод, в настоящее время применяют в т. ч. такие показатели, как нагрузка сточными водами – отношение объема сточных вод (или их загрязненной части) к объему стока реки-приемника [1–4], а также кратность разбавления сточных вод (% или число раз) – отношение объема расходов речной воды (средних и минимальных) к количеству сточных вод, в т. ч. загрязненных [1, 5–9 и др.]. При этом в расчетах зачастую используется, так называемый, условный объем сточных вод, рассчитанный с учетом их категории (без очистки, недостаточно очищенные, нормативно чистые) [10].

Помимо нагрузки сточными водами применяется показатель нагрузки загрязняющими веществами [11]. Для учета их класса опасности вводятся различные поправочные коэффициенты. Так, В.К. Шитиков с соавторами для веществ 1–4 класса опасности, соответственно, рекомендуют использовать коэффициенты 1/1, 1/2, 1/3 и 1/4 [12]. Во Временной методике определения предотвращенного экологического ущерба [13] для оценки антропогенной нагрузки на водные объекты при расчете условной (нормированной) массы сбрасываемых загрязняющих веществ используются ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Данная методика широко применяется при определении нагрузки на водные объекты [2, 10, 14, 15 и др.]. Схожий показатель – grey water footprint – получил популярность за рубежом. Он обозначает величину объема чистой воды, необходимой для нейтрализации нагрузки на водные объекты загрязняющими веществами на основе их природных фоновых концентраций и существующих стандартов качества воды [16–21 и др.].

В рамках проведенного исследования выполнена оценка антропогенной нагрузки на водные объекты с применением показателей кратности разбавления сточных вод и нагрузки загрязняющими веществами с учетом их условной массы. Первый показатель определялся путем соотношения объема сточных вод, в т. ч. загрязненных, к среднемноголетнему речному стоку (число раз). При оценке нагрузки загрязняющими веществами с учетом их опасности в расчетах использована условная величина сбрасываемых веществ:  $M = \sum_{i=1}^p \frac{m_i}{ПДК_j}$ , где  $m_i$  – количество сбрасываемого загрязняющего вещества, т/год,  $i = 1, 2...p$  – определенные загрязняющие вещества в сточных водах.

Условную нагрузку рассчитывали как отношение условной массы всех загрязняющих веществ в составе сточных вод (усл. т) к водному стоку реки (км<sup>3</sup>/год) [2, 13]. Для классификации водотоков по уровню антропогенной нагрузки применяли систему балльной оценки условной массы загрязняющих веществ, предложенную В.А. Скорняковым [15] (табл. 1).

**Таблица 1.** Балльная оценка условной массы загрязняющих веществ [15]  
Table 1. Score of the pollutants' conditional mass [15]

Уровень нагрузки, усл. т / км <sup>3</sup>	Балл	Уровень нагрузки, усл. т / км <sup>3</sup>	Балл
< 0,01	1	11–50	6
0,01–0,1	2	50–100	7
0,2–0,5	3	100–500	8
0,5–1	4	500–1000	9
1–10	5	> 1000	10

Объектом исследования являлся бассейн Верхней Оби, включая участок р. Оби, находящийся в ведении Верхне-Обского БВУ (Республика Алтай, Алтайский край, Новосибирская, Кемеровская, Томская обл.), а также верховья рек Тым, Кеть, Чулым и Томь, относящиеся к Енисейскому БВУ (расположены в пределах Красноярского края и Республики Хакасия). Рассмотрены собственно р. Обь, а также ее основные притоки, оценка нагрузки осуществлялась для приустьевых створов, а также постов на границах принятых водохозяйственных участков (ВХУ).

Для определения объемов сброшенных сточных вод использовали официальные статистические данные 2-ТП (водхоз), при этом были взяты усредненные показатели за восьмилетний период с 2010 по 2017 гг. (табл. 2). Источником информации для получения величины речного стока послужили материалы Росгидромета, СКИОВО р. Оби (2012 г.), а также Интернет-ресурса открытого доступа ArcticNet. Расчет осуществляли по данным среднегодовых речных расходов 50 % обеспеченности, трехлетних периодов малой водности, а также в летне-осеннюю и зимнюю межень. При определении показателей минимальной водности выбирали трехлетние периоды, отличающиеся наименьшими объемами расходов речного стока [22].

**Таблица 2.** Динамика объемов сброса сточных вод в регионах Верхней Оби по данным 2-ТП (водхоз)

Table 2. Dynamics of the waste waters discharge volume in the Upper Ob regions according to the 2-TP (watersector) reports data

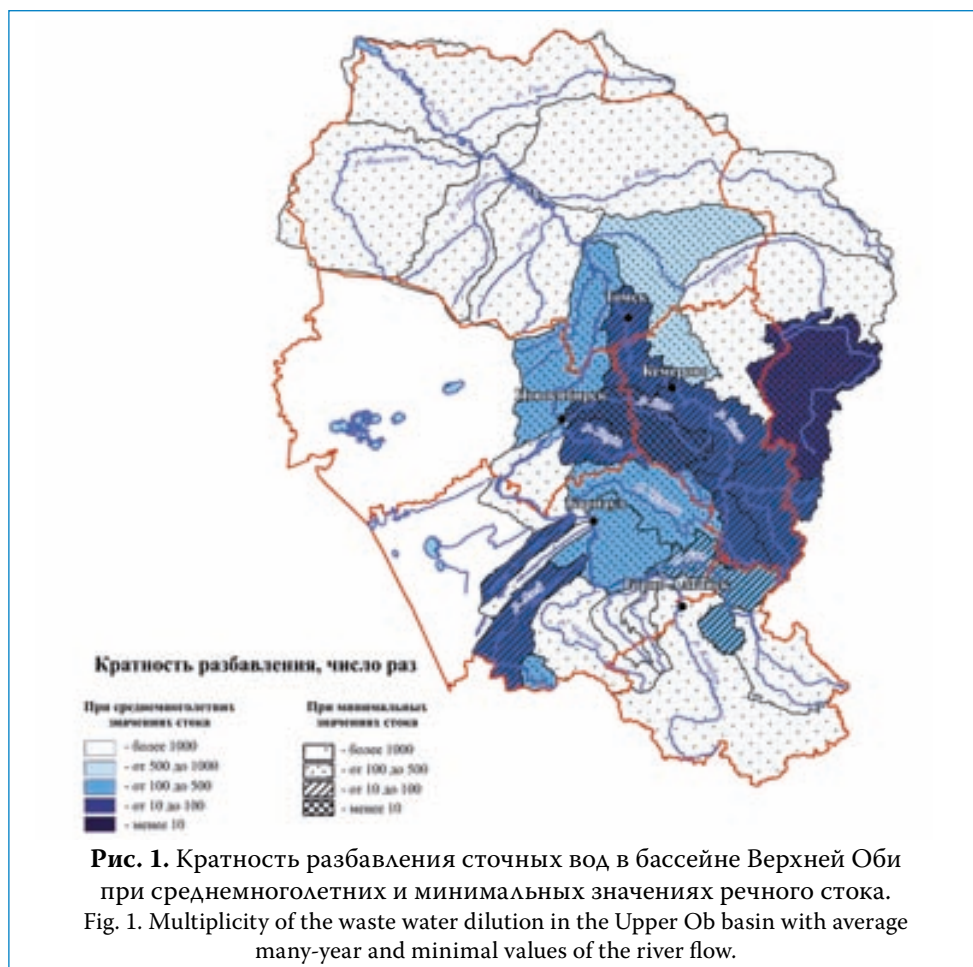
Регион	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Алтайский край	290,3	268,0	287,3	296,6	290,0	287,8	292,3	269,0
Кемеровская обл.	2034,9	2306,5	2295,1	2011,0	2006,4	2044,3	1681,0	1703,7
Новосибирская обл.	604,2	527,1	544,2	512,2	500,6	522,8	518,6	521,0
Томская обл.	466,5	435,5	454,7	376,2	371,9	286,7	273,0	278,0
Республика Алтай	3,2	2,9	2,7	2,8	3,2	3,2	3,4	3,2
Итого	3399,0	3540,1	3584,0	3198,7	3172,2	3144,8	2768,3	2774,8

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общий объем сброшенных сточных вод в поверхностные водные объекты бассейна Верхней Оби в 2017 г. составил 2774,8 млн м<sup>3</sup>, из них 20 % – загрязненные сточные воды, в т. ч. 8 % – воды без очистки. На Кемеровскую область приходилось 61 % общего объема сточных вод (76 % загрязненных вод и 80 % вод без очистки). Второе место занимала Новосибирская область, где было сброшено 19 % сточных вод, 17 % загрязненных и 12,5 % –

без очистки. Минимальные объемы сточных вод всех категорий – менее 1 % – отводились в поверхностные водные объекты Республики Алтай.

Кратность разбавления сточных вод всех категорий в целом для Верхней Оби (створ в с. Александровское) в средний по водности год составляет 40 раз (тогда как в целом по Обь-Иртышскому бассейну – более 107 раз [23]), в годы минимальной водности – 36 раз. Что касается отдельных водных объектов, кратность разбавления свыше 1000 раз даже в маловодные годы характерна для горных рек Республики Алтай и Алтайского края (Катунь, Чарыш, Чулышман, Ануй, Песчаная и др.) и рек севера Томской области (Кеть, Тым, Васюган, Парабель, Чая и др.), а также р. Оби на отрезке от Барнаула до Новосибирска и водохозяйственного участка в среднем течении р. Чулым (рис. 1).



Очевидно, что наибольшая антропогенная нагрузка приходится на водные объекты районов с высокой индустриальной освоенностью. Показатели 100–1000 раз характерны для рек Чумыш в Тальменке и Оби в створах г. Барнаула и с. Могочин (устье Чулыма) в средние и минимальные по водности годы, а также для р. Бия (Бийск), однако только в минимальные по водности годы. Для шести притоков Оби (реки Томь, Чулым, Алей, Бердь, Иня, Касмала) кратность на отдельных участках даже при среднемноголетних значениях речного стока составляла менее 100 раз (табл. 3). При этом на р. Иня (Березовка) в маловодные годы этот показатель менее 10, а на р. Чулым в створе с. Красный Завод он не превышает 10 раз в годы как средней, так и малой водности.

**Таблица 3.** Водные объекты бассейна Верхней Оби с кратностью разбавления сточных вод менее 100 раз в годы разной водности  
 Table 3. Water bodies of the Upper Ob basin with multiplicity of waste waters dilution less than 100 times in the different water content years

Река / гидропост	Кратность разбавления, число раз	
	при среднемноголетних значениях стока	в маловодные годы
Чулым / Красный Завод	<b>9,86</b>	<b>7,38</b>
Иня / Березовка	12,87	<b>7,88</b>
Томь / Новокузнецк	15,73	13,07
Кондома / Кузедеево	26,41	19,81
Алей / Алейск	45,98	21,94
Бердь / Старый Искитим	52,97	31,00
Томь / Томск	71,75	53,57
Касмала / Рогозиха	78,09	49,10
Томь / Кемерово	84,40	56,05
Бия / Бийск	101,30	76,47

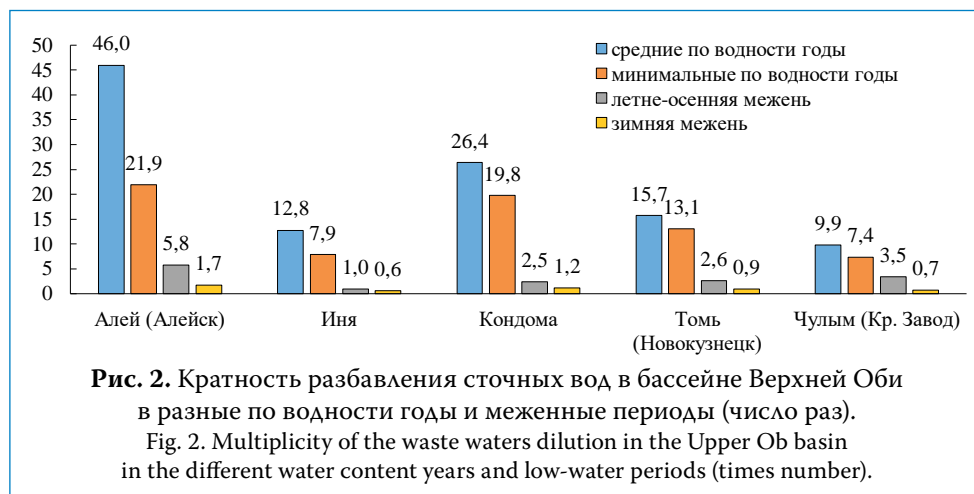
Таким образом, максимальной нагрузкой сточными водами как в средние, так и минимальные по водности годы отличаются реки индустриально нагруженных регионов. Это верхнее течение р. Чулым с крупными промышленными центрами Красноярского края – города Назарово и Шарыпово, р. Иня, пересекающая Кузнецкий угленосный бассейн и впадающая в Обь в г. Новосибирске, р. Томь и ее притоки (включая Кондому), большая часть бассейна которой приурочена к территории Кемеровской обл., р. Бердь, нижнее течение которой испытывает на себе влияние Новосибирской агломерации. Некоторым исключением являются реки Алей и Касмала в юго-западной части аграрного Алтайского края – их бассейны расположены



вдали от крупных промышленных центров, однако водотоки характеризуются незначительными объемами стока.

Оценка нагрузки сточными водами для периодов летне-осенней и зимней межени показала, что в это время кратность разбавления сокращается в десятки раз. Объем сточных вод, поступающих в реки Иня, Томь в створе г. Новокузнецка и Чулым в с. Красный Завод в зимнюю межень превышает объем стока самих рек – кратность менее одного раза (рис. 2).

Ситуацию усугубляет сброс отдельными предприятиями преимущественно неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод. Так, практически весь объем стоков крупнейшего промышленного центра Кузбасса – г. Новокузнецка – относится к категории «загрязненные» [23]. Почти половина всех загрязненных стоков, формирующихся на территории бассейна Томи, не проходит никакой очистки [24].

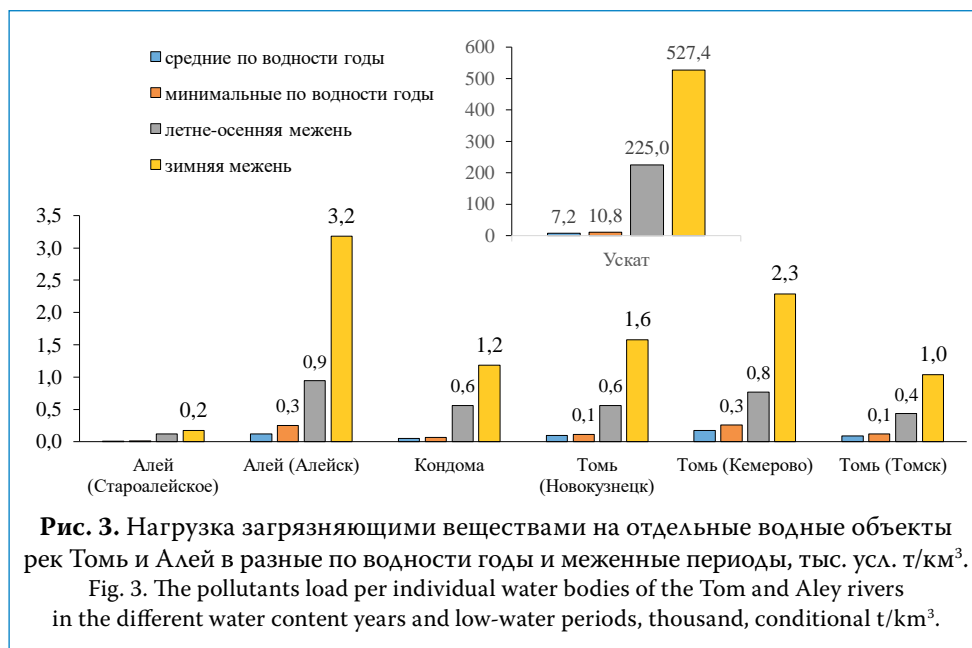


Для бассейнов рек Томь и Алей, как одних из наиболее нагруженных притоков Верхней Оби, выполнена оценка условной нагрузки загрязняющими веществами в средние по водности годы [24, 25]. Водохозяйственные проблемы бассейна р. Алей обусловлены тем, что около 70 % его территории расположено в степной зональной области, что определяет особенности гидрологического режима. Две трети стока формируется в верхнем течении реки, удельный вес весеннего стока составляет 80 %, в маловодные годы объем годового стока сокращается с 1,9 до 0,6 км<sup>3</sup> [26]. Однако характер природопользования преимущественно сельскохозяйственной направленности обусловил умеренную антропогенную нагрузку на реку и ее притоки. В устье Алея она составляет 44,0 усл. т на 1 км<sup>3</sup> речного стока (6 баллов из 10 возможных), нагрузка на притоки (приемники сточных вод) – реки Золотуха и Карболиха –

равна 63,0 усл. т / км<sup>3</sup> (7 баллов) и 19,0 (6 баллов) соответственно, однако в створе г. Алейска нагрузка возрастает до 124,9 усл. т / км<sup>3</sup> (8 баллов).

Для р. Томи, пересекающей угленосный Кузнецкий бассейн, в средний по водности год нагрузка загрязняющими веществами составляет 281,7 усл. т на 1 км<sup>3</sup> стока (8 баллов). Наименьший антропогенный пресс в бассейне реки из числа водоемов-приемников сточных вод испытывают реки Мрас-Су (0,02 усл. т/км<sup>3</sup>, 1 балл) и Уньга (3,5 усл. т/км<sup>3</sup>, 5 баллов). Нагрузка на прочие водные объекты превышает 11 усл. т/км<sup>3</sup> и оценивается в 6–10 баллов.

Наибольшую нагрузку загрязняющими веществами испытывают малые и очень малые реки бассейна Томи. К группе с нагрузкой более 1 тыс. усл. т загрязняющих веществ на 1 км<sup>3</sup> стока (10 баллов) отнесено 32 водных объекта. Из них 30 приходится на Кемеровскую область, а 21 водоток приурочен к наиболее густонаселенному и промышленно освоенному району Кузбасса – города Новокузнецк, Прокопьевск, Киселевск. Очевидно, что в маловодные периоды нагрузка загрязняющими веществами на водные объекты также увеличивается в несколько раз (рис. 3). Так, если исходя из среднемноголетних значений речного стока нагрузка на р. Алей в створе г. Алейска чуть превышает 0,1 тыс. усл. т/км<sup>3</sup>, в годы минимальной водности – 0,2 тыс. усл. т/км<sup>3</sup>, в летне-осеннюю межень – 0,9, то в зимнюю межень она достигает 3,2 тыс. усл. т/км<sup>3</sup>, т. е. разница с нагрузкой в средний по водности год составляет 32 раза.





В бассейне Томи нагрузка загрязняющими веществами на р. Ускат и ее притоки, пересекающие угольные разрезы Кузбасса, с 7,2 тыс. усл. т/км<sup>3</sup> в год средней водности и 10,8 в маловодный год увеличивается в летне-осеннюю межень до 225 тыс. усл. т/км<sup>3</sup> (превышая минимальный показатель более чем в 31 раз), в зимнюю межень – до более чем 527 тыс. усл. т/км<sup>3</sup> (превышение свыше 73 раз).

Одной из основных причин поступления в водные объекты Кемеровской области больших объемов загрязняющих веществ является неудовлетворительное состояние очистных сооружений, многие из которых не отвечают современным требованиям, и даже их полное отсутствие.

Рассмотрим показатели антропогенной нагрузки на водные объекты в границах субъектов, относящихся к зоне действия Верхне-Обского БВУ. Наибольшими значениями кратности разбавления сточных вод характеризуются водные объекты Республики Алтай – даже в минимальные по водности годы они составляют 6–9 тыс. раз для общего объема сточных вод и 55–87 тыс. раз для загрязненных сточных вод. Минимальная кратность в Кемеровской области: 12–16 раз для общего объема сточных вод в маловодные годы. Во всех регионах наблюдается увеличение показателей кратности разбавления, что обусловлено сокращением объемов сброса сточных вод всех категорий и свидетельствует о постепенном снижении антропогенной нагрузки на водные объекты. Такая динамика отмечена не только в рассмотренный выше период, с 1980 г. объем сброшенных сточных вод сократился на 68 %, а кратность увеличилась с 44 до 65 раз.

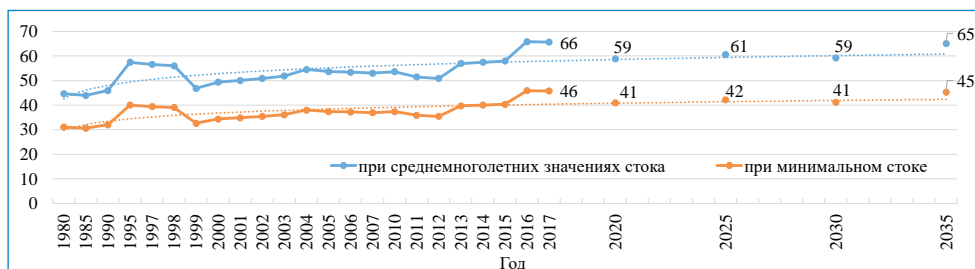
Исходя из сложившейся тенденции, построен прогнозный ряд до 2035 г., который показал наличие отрицательной динамики поступления сточных вод в поверхностные водные объекты как для всего бассейна Верхней Оби, так и по регионам и, как следствие, планируемое увеличение значений кратности разбавления (рис. 4, 5).

Однако прогноз динамики объемов сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты бассейна Верхней Оби, выполненный с учетом материалов стратегических документов социально-экономического развития регионов, демонстрирует иную картину. Расчеты выполнены на период до 2035 г. на основе данных прогноза использования водных ресурсов бассейна Верхней Оби по базовому варианту развития экономики [27].

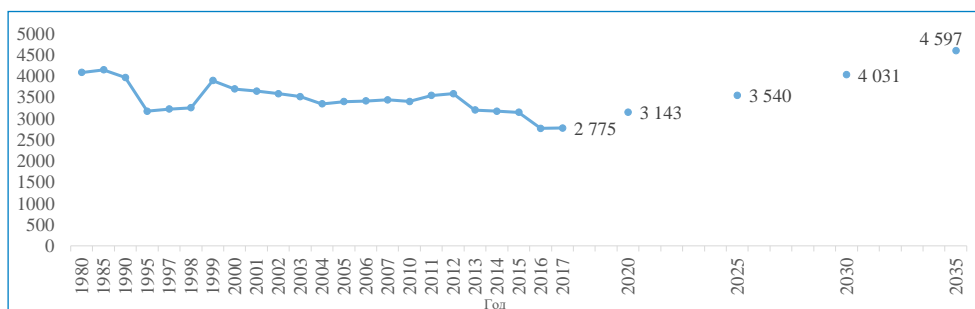
Значительное увеличение объемов промышленного водопотребления при базовом варианте развития экономики к 2035 г., запланированное в данных регионах (на 65 % по сравнению с 2017 г.), с сохранением существующих технологий может привести к соответствующему росту объемов сточных вод (рис. 6). Следствием этого станет сокращение значений кратности разбавления сточных вод, т. е. увеличение уровня антропогенной нагрузки на водные объекты.



**Рис. 4.** Динамика объемов сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты регионов Верхней Оби на период до 2035 г., млн м<sup>3</sup> (прогноз выполнен методом построения логарифмического тренда).  
**Fig. 4.** Dynamics of the waste waters discharge volumes to the Upper Ob region water bodies for the period up to 2035, million m<sup>3</sup> (the forecast has been made by the method of the logarithmic trend construction).



**Рис. 5.** Динамика кратности разбавления сточных вод в бассейне Верхней Оби на период до 2035 г., число раз (прогноз выполнен методом построения логарифмического тренда).  
**Fig. 5.** Dynamics of the waste waters dilution multiplicity in the Upper Ob basin for the period up to 2035, times number (the forecast has been made by the method of the logarithmic trend construction).



**Рис. 6.** Динамика сброса сточных вод всех категорий в поверхностные водные объекты регионов Верхней Оби на период до 2035 г., млн м<sup>3</sup>, (прогноз на основе анализа стратегических документов).  
**Fig. 6.** Dynamics of the all categories waste waters discharge to the Upper Ob regions water bodies for the period up to 2035, million m<sup>3</sup> (the forecast based on a the strategic documentations analysis).

Кратность разбавления сточных вод всех категорий при среднемноголетних значениях стока р. Оби сократится с 66 до 46 раз, при минимальных – с 46 до 32 раз. В Кемеровской области, где уже сегодня отмечается высокий уровень антропогенной нагрузки, к 2035 г. кратность разбавления сточных вод в средний по водности год сократится с 25 до 17 раз, в маловодный – с 16 до 10,5 раза.

В целях предотвращения роста уровня антропогенной нагрузки на водные объекты Верхней Оби и ухудшения качества вод необходимо совершенствование существующих технологий использования водных ресурсов. Оптимизация водопользования может быть достигнута за счет применения наилучших доступных технологий, в т. ч. путем снижения водоемкости производственных процессов, повышения кратности оборотного водоснабжения, степени очистки сточных вод.

### ВЫВОДЫ

Анализ антропогенной нагрузки на водные объекты бассейна Верхней Оби в периоды разной водности, выполненный с использованием показателей кратности разбавления сточных вод и условной нагрузки загрязняющими веществами с учетом их условной (приведенной к ПДК) массы позволил сделать вывод, что наименьший пресс испытывают горные реки Республики Алтай и Алтайского края, севера Томской области, а также р. Обь на отрезке от Барнаула до Новосибирска и водохозяйственного участка в среднем течении р. Чулым. Максимальный уровень антропогенной нагрузки характерен преимущественно для индустриально нагруженных рек Красноярского края и Кемеровской области: реки Чулым (верхнее течение), Томь (г. Новокузнецк), Кондома, Иня (нижняя), Бердь (на территории Новосибирской агломерации), а также рек Алей и Касмала, пересекающих территорию аграрного Алтайского края, но отличающихся незначительными объемами стока.

Оценка условной нагрузки загрязняющими веществами для бассейна р. Томь показала, что в наибольшей степени антропогенной нагрузке подвергаются малые и очень малые реки, в которые сточные воды зачастую сбрасываются без очистки. В маловодные годы, и особенно в периоды летне-осенней и зимней межени антропогенная нагрузка на водные объекты увеличивается в десятки раз.

Прогноз динамики объемов сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты бассейна Верхней Оби, выполненный на основе данных прогноза использования водных ресурсов с учетом материалов стратегических документов социально-экономического развития регионов на период до 2035 г. показал, что по базовому варианту развития экономики при существующих технологиях использования водных ресурсов планируется

значительный рост объемов сточных вод и, соответственно, увеличение уровня антропогенной нагрузки на водные объекты.

С целью предотвращения наметившейся негативной тенденции необходимо предусмотреть возможность внедрения наилучших доступных технологий в водохозяйственном комплексе данной территории. Одной из первоочередных мер по обеспечению водохозяйственной безопасности регионов Верхней Оби является установление на предприятиях высокотехнологичного очистного оборудования, а также модернизация действующих очистных сооружений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Корытный Л.М., Безруков Л.А.* Водные ресурсы Ангаро-Енисейского региона (геосистемный анализ). Новосибирск: Наука, 1990. 216 с.
2. *Селезнева А.В.* Антропогенная нагрузка на реки от точечных источников загрязнения // Известия Самарского научного центра РАН. 2003. Т. 5. № 2. С. 268–277.
3. *Королев А.А., Розенберг Г.С., Гелашвили Д.Б., Панютин А.А., Иудин Д.И.* Экологическое зонирование территории Волжского бассейна по степени нагрузки сточными водами на основе бассейнового принципа (на примере Верхней Волги) // Известия Самарского научного центра РАН. 2007. Т. 9. № 1. С. 265–269.
4. *Орлов М.С., Абрамова Е.А., Щерба В.А.* К оценке антропогенной нагрузки на воды речных бассейнов Подмосковья и Крыма // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10. № 2 (13). С. 681–684.
5. Иркутская область: экологические условия развития: Атлас. М.; Иркутск: Роскартография; Институт географии СО РАН, 2004. 90 с.
6. *Голиков А.П.* Территориальная организация водного хозяйства СССР. Харьков: Вища шк., 1982. 144 с.
7. *Ратанова М.П.* Типология промышленных узлов по их воздействию на окружающую среду // Географическое прогнозирование и охрана природы: сб. науч. трудов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. С. 120–128.
8. *Безруков Л.А., Мисюркеев Ю.А.* Географо-картографическая оценка использования, загрязнения и охраны рек Иркутской области // География и природные ресурсы. 1995. № 2. С. 40–50.
9. *Бибикова Т.С.* Сравнительный анализ антропогенных воздействий на водные ресурсы России, Белоруссии, Украины в постсоветский период // Водные ресурсы. 2011. Т. 38. № 5. С. 515–523.
10. *Выхристюк А.А., Зинченко Т.Д., Лаптева Е.В.* Комплексная оценка экологического состояния равнинной р. Сок (бассейн Верхней Волги) // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12. № 1. С. 185–195.
11. *Рунова Т.Г., Волкова И.Н., Нефедова Т.Г.* Территориальная организации природопользования. М.: Наука, 1993. 208 с.
12. *Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д.* Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения: в 2 кн. М.: Наука, 2005. Кн. 1. 281 с.
13. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба. Утв. Госкомэкологией РФ, 1999 г.

14. Селезнева А.В. От мониторинга к нормированию антропогенной нагрузки на водные объекты. Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2007. 105 с.
15. Скорняков В.А. Учет распределения природных факторов и антропогенных нагрузок при оценке качества воды в реках // Проблемы гидрологии и гидроэкологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. Вып. 1. С. 238–262.
16. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris: UNESCO, 2015. 122 p.
17. Hoekstra Arjen Y. Sustainable, efficient and equitable water use: the three pillars under wise freshwater allocation // Wiley Interdisciplinary Reviews: Water. 2014. Vol. 1.No. 1. P. 31–40.
18. Hoekstra Arjen Y., Ashok K. Chapagain and Guoping Zhang. Water Footprints and Sustainable Water Allocation [Электронный ресурс] // Sustainability. 2016. 8 (1). 20. Режим доступа: <http://www.mdpi.com/2071-1050/8/1/20/html> (дата обращения 19.05.2016).
19. Pellicer-Martinez F., Martinez-Paz J.M. Grey water footprint assessment at the river basin level: Accounting method and case study in the Segura River Basin, Spain // Ecological Indicators. 2016.Vol. 60. P. 1173–1183.
20. Bo Wu, Weihua Zeng, Honghan Chen, Yue Zhao. Grey water footprint combined with ecological network analysis for assessing regional water quality metabolism // Journal of Cleaner Production. 2016. Vol. 1.No. 4. P. 3138–3151.
21. Cazcarroa I., Duarteb R. Sanchez-Cholizb J. Downscaling the grey water footprints of production and consumption [Электронный ресурс] // Journal of Cleaner Production. Available online. 31 July 2015. Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615010446> (дата обращения 19.05.2016).
22. Водные ресурсы России и их использование. СПб: Государственный гидрологический институт, 2008. 600 с.
23. Stoyashcheva N.V., Rybkina I.D. Water resources of the Ob-Irtysh river basin and their use. Water Resources. 2014. Vol. 41. No. 1. P. 1–7.
24. Стоящева Н.В. Проблема загрязнения малых рек Кузбасса сточными водами промышленных предприятий // Вестник КемГУ. 2015. № 4 (64). Т. 3. С. 156–163.
25. Стоящева Н.В. Антропогенная нагрузка на водные объекты бассейна р. Томь // География и природные ресурсы. 2018. № 3. С. 95–103.
26. Винокуров Ю.И., Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Курепина Н.Ю. Территориальная организация водопользования в бассейне реки Алей // География и природные ресурсы. 2014. № 3. С. 135–142.
27. Рыбкина И.Д., Курепина Н.Ю. Прогноз целевого использования водных ресурсов в регионах Верхней Оби на средне- и долгосрочную перспективу // Известия АО РГО. 2019. № 1 (52). С. 5–16.

**Для цитирования:** Стоящева Н.В. Антропогенная нагрузка на водные объекты бассейна Верхней Оби в разные по водности периоды: динамика и прогноз // Водное хозяйство России. 2020. № 3. С. 52–67.

**Сведения об авторе:**

**Стоящева Наталья Викторовна**, канд. геогр. наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1; e-mail: stoyash@mail.ru

**ANTHROPOGENIC LOAD ON WATER BODIES IN THE UPPER OB BASIN IN DIFFERENT WATER CONTENT PERIODS: THE DYNAMICS AND THE FORECAST**

**Natalya V. Stoyashcheva**

E-mail: stoyash@mail.ru

*Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia*

**Abstract:** The paper considers the problem of pollution of water bodies by waste waters from large industrial and municipal enterprises. An overview of methodical approaches to estimation of anthropogenic load on water bodies leading to changes in their water quality is carried out. The level of anthropogenic load on water bodies of the Upper Ob basin was estimated using such indicators as waste water dilution ratio and the pollutant load based on its conditional mass (reduced to MAC). The calculation was carried out for periods of different water content: average and low water content, as well as summer-autumn and winter low-water periods. It was revealed that the highest wastewater dilution ratio (over 1000 times) is characteristic of mountainous rivers of the Republic of Altai, Altai Kray and the north of Tomsk oblast. Rivers of industrially loaded regions show the lowest dilution ratio. These are the Chulym (Krasny Zavod gauging station), Inya, Tom (Novokuznetsk), Kondoma, as well as Aley and Kasmala rivers distinguished by insignificant flow volume. The assessment of the conditional pollutant load for the Tom river basin has shown that small and very small rivers, where wastewater is often discharged without treatment, are the most susceptible to pollution. It is found that during the summer-autumn and winter low water periods the anthropogenic load on water bodies increases tenfold. The forecast of anthropogenic load dynamics, made on the basis of materials of strategic documents of the socio-economic development of the regions up to 2035, showed a reduction in the dilution ratio of wastewater against a significant increase in the volume of water used, primarily for the needs of industry and, accordingly, the generated wastewater. The solution to this situation may be the abandonment of the current technologies of water resources use in favor of applying the best available technologies in this industry.

**Key words:** water bodies of the Upper Ob basin, periods of different water content, waste water, anthropogenic load, dilution ratio, pollutant load, forecast.

**About the author:**

Natalya V. Stoyashcheva Candidate of Geographic Sciences, Senior Researcher, Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IWEP SB RAS), ul. Molodezhnaya, 1, Barnaul, 656038, Russia; e-mail: stoyash@mail.ru.

**For citation:** *Styashcheva N.V. Anthropogenic Load on Water Bodies in the Upper Ob Basin in Different Water Content Periods: the Dynamics and the Forecast // Water Sector of Russia. 2020. No. 3. P. 52–67.*



## REFERENCES

1. *Korytnyy L.M., Bezrukov L.A.* Vodnye resursy Angaro-Eniseyskogo regiona (geosistemnyy analiz) [Water resources of the Angara-Yenisei region (geo/system analysis)]. Novosibirsk, Nauka, 1990. 216 p.
2. *Selezneva A.V.* Antropogennaya nagruzka na reki ot tochechnykh istochnikov zagryazneniya [Anthropogenic load on rivers from the point sources] // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN.* 2003. Vol. 5. No. 2. Pp. 268–277.
3. *Korolev A.A., Rozenberg G.S., Gelalishvili D.B., Panyutin A.A., Iudin D.I.* Ekologicheskoe zonirovaniye territorii Volzhskogo basseyna po stepeni nagruzki stochnymi vodami na osnove basseynovogo printsipa (na primere Verkhney Volgi) [Ecological zoning of the Volga basin territory by discharged water load and using the basin principle (the Upper Volga as a study case)] // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN.* 2007. Vol. 9. No. 1. Pp. 265–269.
4. *Orlov M.S., Abramova E.A., Shcherba V.A.* K otsenke antropogennoy nagruzki na vody rechnykh basseynov Podmoskov'ya i Kryma [On the assessment of anthropogenic load on the water in the Moscow and the Crimea river basins] // *Geopolitika i ekogeodinamika regionov.* 2014. Vol. 10. No. 2 (13). Pp. 681–684.
5. Irkutskaya oblast: ekologicheskiye usloviya razvitiya [Irkutsk region: ecological conditions of development]: Atlas. M.; Irkutsk: Roskartografiya; Institute of geography SB RAS, 2004. 90 p.
6. *Golikov A.P.* Territorialnaya organizatsiya vodnogo khozyaystva SSSR [Territorial organization of water management in the USSR]. Kharkov, Vishcha shkola Publ., 1982. 144 p.
7. *Ratanova M.P.* Tipologiya promyshlennykh uzlov po ikh vozdeystviyu na okruzhayushchuyu sredu [Typology of large industrial centers by their impact on the environment]. Geograficheskoye prognozirovaniye i okhrana prirody: Sb. nauch. tr. Moscow, Moscow State University Press, 1990. Pp. 120–128.
8. *Bezrukov L.A., Misyurkeyev Yu.A.* Geografo-kartograficheskaya otsenka ispolzovaniya, zagryazneniya i okhrany rek Irkutskoy oblasti [Geographical and cartographic assessment of the use, pollution and protection of rivers of the Irkutsk region] // *Geografiya i prirodnyye resursy.* 1995. № 2. Pp. 40–50.
9. *Bibikova T.S.* Comparative analysis of anthropogenic impact on water resources in Russia, Belarus, and Ukraine in the post-soviet period. *Water Resources*, 2011, vol. 38, no. 5, pp. 549–556.
10. *Vykhristyuk L.A., Zinchenko T.D., Lapteva E.V.* Kompleksnaya otsenka ekologicheskogo sostoyaniya ravninnoy r. Sok (basseyn Verkhney Volgi) [Integrated assessment of ecological state of the plain Sok River (the Upper Volga basin)]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN.* 2010. Vol. 12. No 1. Pp. 185–195.
11. *Runova T.G., Volkova I.N., Nefedova T.G.* Territorialnaya organizatsiya prirodopolzovaniya [Territorial organization of nature management]. Moscow: Nauka, 1993. 208 p.
12. *Shitikov V.K., Rozenberg G.S., Zinchenko T.D.* Kolichestvennaya gidroekologiya: metody, kriterii, resheniya [Quantitative hydro/ecology: methods, criteria, and solutions]: v 2 kn. Moscow: Nauka, 2005. Vol. 1. 281 p.
13. Vremennaya metodika opredeleniya predotvrashchennogo ekologicheskogo ushcherba: Utv. Goskomekologiyey 09 marta 1999 g. [Temporary methodology for estimating the prevented ecological damage: Approved by the state committee on environmental protection on March 09, 1999].

14. *Selezneva A.V.* Ot monitoringa k normirovaniyu antropogennoy nagruzki na vodnyye obekty [From monitoring to assessment of anthropogenic load on water bodies]. Samara, Samarskiy nauchniy tsentr RAN Publ., 2007. 105 p.
15. *Skorniyakov V.A.* Uchet raspredeleniya prirodnykh faktorov i antropogennykh nagruzok pri otsenke kachestva vody v rekakh [Accounting the distribution of natural factors and anthropogenic loads in the assessment of river water quality] // Problemy gidrologiyi i gidroekologiyi. vol. 1, Moscow, Moscow State University Press, 1999. Pp. 238–262.
16. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris: UNESCO, 2015. 122 p.
17. *Hoekstra Arjen Y.* Sustainable, efficient and equitable water use: the three pillars under wise freshwater allocation // Wiley Interdisciplinary Reviews: Water. 2014. Vol. 1. № 1. P. 31–40.
18. *Hoekstra Arjen Y., Ashok K.* Chapagain and Guoping Zhang. Water Footprints and Sustainable Water Allocation // Sustainability. 2016. 8 (1). 20. Available at: <http://www.mdpi.com/2071-1050/8/1/20/htm> (accessed 19 May 2016).
19. *Pellicer-Martinez F., Martinez-Paz J.M.* Grey water footprint assessment at the river basin level: Accounting method and case study in the Segura River Basin, Spain // Ecological Indicators. 2016. Vol. 60. P. 1173–1183.
20. *Bo Wu, Weihua Zeng, Honghan Chen, Yue Zhao.* Grey water footprint combined with ecological network analysis for assessing regional water quality metabolism // Journal of Cleaner Production. Vol. 1. P. 4. 2016. P. 3138–3151.
21. *Cazcarroa I., Duarteb R., Sanchez-Cholizb J.* Downscaling the grey water footprints of production and consumption // Journal of Cleaner Production. Available online 31 July 2015. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615010446> (accessed 19 May 2016).
22. Vodniye resursy Rossiyi i ikh ispolzovaniye [Russian water resources and their use]. SPb: Gosudarstvennyy gidrologicheskiy institut. 2008. 600 p.
23. *Stoyashcheva N.V., Rybkina D.* Water resources of the Ob-Irtysh river basin and their use. Water Resources. 2014. Vol. 41. No. 1. Pp. 1–7.
24. *Stoyashcheva N.V.* Problema zagryazneniya malyykh rek Kuzbassa stochnymi vodami promyshlennykh predpriyatiy [The problem of Kuzbass small river pollution with industrial wastewater]. Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. Vol. 3. No. 4 (64). Pp. 156–163.
25. *Stoyashcheva N.V.* Antropogennaya nagruzka na vodnyye obyektu basseyna r. Tom [Anthropogenic load on water bodies of the Tom River basin] // Geografiya i prirodnyye resursy. 2018. № 3. Pp. 95–105.
26. *Vinokurov Yu.I., Rybkina I.D., Stoyashcheva N.V., Kurepina N.Yu.* Territorialnaya organizatsiya vodopolzovaniya v basseyne reki Aley [The territorial organization of water use in the basin of the Aley River] // Geografiya i prirodnyye resursy. 2014. № 3. Pp. 135–142.
27. *Rybkina I.D., Kurepina N.Yu.* Prognoz tselevogo ispolzovaniya vodnykh resursov v regionakh Verkhney Obi na sredne- i dolgosrochnuyu perspektivu [Forecast of target use of water resources in the regions of the Upper Ob in the medium and long term] // Izvestiya AO RGO. 2019. № 1 (52). Pp. 5–16.