

чрезвычайных ситуаций на основе количественной характеристики процессов естественного самоочищения природных систем.

Список использованных источников

1. Курмангалиев Р.М. Гидрологический режим реки Урал и его экологические проблемы / Р. М. Курмангалиев, М. К. Онаев, Е. Б. Байшиган // Наука и образование: научно-практический журнал Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана. – 2006. - № 1. - С. 92-97.
2. Чибилев А.А. Бассейн Урала: история, география, экология / А. А. Чибилев. - Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 312 с.
3. Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В., Сокальский В.А., Бурлибаева Д.М., Уваров Д.В., Симернова Д.А., Ефимонко А.В., Милуков Д.Ю. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана. - Алматы: Канагат, 2014.- том 1. – 742 с.
4. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем. - М: МГУП, 2009.- 154 с.
5. Козыкеева А.Т., Мустафаев Ж.С., Арыстанова А.Б., Jozef Mosiej. Эколого-гидрологическое состояние трансграничной реки Жайык // МЕЛИОРАЦИЯ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО / Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Шумаковские чтения) «Инновационные технологии мелиорации, водного и лесного хозяйства Юга России». – Новочеркасск: Издательство Лик, 2018.-Выпуск 16. - Часть 1. - С. 168-173.
6. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Арыстанова А.Б., Карпенко Н.П. Эколого-водохозяйственная оценка трансформации концентрации загрязняющих веществ в водах водосбора бассейна реки Жайык // Международный технико-экономический журнал. -2018- №6.- С. 123-130.

УДК631.6; 626.87

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА СТОКА ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ ТОБЫЛ

А.Т. Козыкеева, Ж.С. Мустафаев, Б.Е. Тастемирова

НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан

Актуальность. Водообеспеченность отраслей экономики в Северном Казахстане во многом зависит от формирования водных ресурсов в пределах Российской Федерации. Современное развитие науки и техники предполагает наличие комплексного подхода к решению многих проблем в области сбалансированного использования водных ресурсов трансграничных рек. При изучении водных объектов трансграничных рек необходим учет гидрологического и гидрохимического режимов формирования их стока для обоснования комплексного рационального использования и охраны водных ресурсов, в том числе р. Тобыл в Северном Казахстане. Исследования загрязнения водотоков бассейна реки Тобыл загрязняющими веществами в многолетнем разрезе и пространственном масштабе будет способствовать нахождению оптимальных путей регулирования их гидрогеохимического режима с целью снижения техногенной нагрузки на природную среду и выработки управленческих решений с позиций охраны водных ресурсов.

Цель исследований - определить пространственно-временные особенности формирования гидрохимического режима р. Тобыл в условиях антропогенной деятельности.

Объект исследования, река Тобыл, относится к бассейну Карского моря, берет начало на восточных отрогах Южного Урала, впадает в реку Иртыш у города Тобольска. Длина - 1591 км, площадь бассейна - 395 тыс. км². В пределах Костанайской области расположено только верхнее течение реки, протяженностью 682 км и часть ее водосбора площадью 121 тыс. км². Река Тобыл на большей своей части имеет постоянный сток [1].

Река Тобыл протекает по территории двух государств - Республики Казахстан (Костанайская область) и по нескольким областям Российской Федерации. Российско-Казахстанской трансграничной территорией бассейна река Тобыл считается часть та часть бассейна, которая расположена в Костанайской, Челябинской и Курганской областях (до створа у г. Курган).

Методы и материалы исследования. Методы исследования основаны на систематизации, анализе и обобщении результатов мониторинга, использованы многолетние информационно-аналитические материалы «Ежегодные данные о качестве поверхностных вод Республики Казахстан» РГП «Казгидромет» МОСВР РК (табл. 1) [2].

Таблица 1 – Концентрации загрязняющих веществ на водосборе бассейна реки Тобыл

| Показатель | Средние значения показателей по годам | | | |
|---|---------------------------------------|--------|--------|--------|
| | 1990 | 2000 | 2005 | 2012 |
| Река Тобыл – село Гришенка | | | | |
| Расход воды (Q), м ³ /с | 7,46 | 909 | 12,17 | 4,88 |
| Взвешенные вещества, мг/л | - | 39,20 | 40,61 | 29,39 |
| Магний (Mg), мг/л | 37,49 | 43,60 | 325,66 | 377,82 |
| Хлориды (Cl), мг/л | 254,89 | 400,19 | 325,66 | 377,82 |
| Сульфаты (SO_4), мг/л | 160,24 | 226,71 | 166,71 | 224,21 |
| Кальций (Ca), мг/л | 65,49 | 72,72 | 64,82 | 66,67 |
| Летучие фенолы, мг/л | 0,0000 | 0,0004 | 0,0008 | 0,0004 |
| Нефтепродукты, мг/л | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| СПАВ, мг/л | 0,02 | 0,05 | 0,04 | 0,03 |
| Азот аммонийный (NH_4), мг/л | 0,18 | 0,09 | 0,10 | 0,26 |
| Азот нитратный (NO_2), мг/л | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Азот нитратный (NO_3), мг/л | 0,90 | 0,58 | 0,28 | 0,25 |
| Фосфаты (PO_4), мг/л | 0,07 | 0,04 | 0,04 | 0,02 |
| Железо общее (Fe), мг/л | 0,25 | 0,21 | 0,21 | 0,093 |
| Медь (Cu), мкг/л | 0,00 | 1,44 | 18,90 | 3,01 |
| Цинк (Zn), мкг/л | 0,00 | 1,95 | 7,02 | 1,93 |
| Фториды (F), мкг/л | 0,37 | 0,44 | 0,36 | 0,37 |
| Река Тобыл – город Костанай (выше сброса городского стока) | | | | |
| Расход воды (Q), м ³ /с | 9,65 | 15,36 | 18,73 | 6,13 |
| Взвешенные вещества, мг/л | - | 34,31 | 37,33 | 27,16 |

| | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|
| Магний (<i>Mg</i>), мг/л | 31,86 | 23,30 | - | 38,44 |
| Хлориды (<i>Cl</i>), мг/л | 215,48 | 218,08 | 181,77 | 196,68 |
| Сульфаты (<i>SO₄</i>), мг/л | 168,84 | 200,08 | 181,77 | 196,68 |
| Кальций (<i>Ca</i>), мг/л | 78,41 | 79,96 | 65,53 | 97,20 |
| Летучие фенолы, мг/л | 0,0000 | 0,0005 | 0,0009 | 0,0004 |
| Нефтепродукты, мг/л | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| СПАВ, мг/л | 0,19 | 0,04 | 0,03 | 0,02 |
| Азот аммонийный (<i>NH₄</i>), мг/л | 0,11 | 0,08 | 0,09 | 0,23 |
| Азот нитратный (<i>NO₂</i>), мг/л | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Азот нитратный (<i>NO₃</i>), мг/л | 0,68 | 0,56 | 0,30 | 0,31 |
| Фосфаты (<i>PO₄</i>), мг/л | 0,07 | 0,05 | 0,06 | 0,07 |
| Железо общее (<i>Fe</i>), мг/л | 0,15 | 0,17 | 0,14 | 6,27 |
| Медь (<i>Cu</i>), мкг/л | 0,00 | 1,78 | 10,37 | 2,83 |
| Цинк (<i>Zn</i>), мкг/л | 0,00 | 0,44 | 5,26 | 2,05 |
| Хром общий (<i>Cr</i>), мкг/л | 0,00 | 0,01 | 3,86 | 7,13 |
| Фториды (<i>F</i>), мкг/л | 0,40 | 0,41 | 0,37 | 0,35 |
| Река Тобыл – город Костанай (3 км ниже сброса городского стока) | | | | |
| Расход воды (<i>Q</i>), м ³ /с | 9,65 | 15,36 | 17,73 | 6,13 |
| Взвешенные вещества, мг/л | - | 36,81 | 38,74 | 29,47 |
| Магний (<i>Mg</i>), мг/л | 38,88 | 27,85 | - | 41,72 |
| Хлориды (<i>Cl</i>), мг/л | 254,76 | 239,43 | 186,11 | 205,13 |
| Сульфаты (<i>SO₄</i>), мг/л | 224,54 | 244,86 | 142,01 | 192,20 |
| Кальций (<i>Ca</i>), мг/л | 95,88 | 95,23 | 69,59 | 69,82 |
| Летучие фенолы, мг/л | 0,0000 | 0,0004 | 0,0008 | 0,0005 |
| Нефтепродукты, мг/л | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| СПАВ, мг/л | 0,02 | 0,05 | 0,04 | 0,02 |
| Азот аммонийный (<i>NH₄</i>), мг/л | 0,65 | 0,22 | 0,13 | 0,27 |
| Азот нитратный (<i>NO₂</i>), мг/л | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,01 |
| Азот нитратный (<i>NO₃</i>), мг/л | 3,09 | 2,07 | 0,64 | 0,60 |
| Фосфаты (<i>PO₄</i>), мг/л | 0,13 | 0,07 | 0,07 | 0,09 |
| Железо общее (<i>Fe</i>), мг/л | 0,22 | 0,23 | 0,16 | 1,22 |
| Медь (<i>Cu</i>), мкг/л | 0,33 | 2,28 | 14,08 | 3,46 |
| Цинк (<i>Zn</i>), мкг/л | 0,48 | 0,56 | 7,28 | 1,99 |
| Хром общий (<i>Cr</i>), мкг/л | 0,00 | 0,01 | 4,44 | 9,30 |
| Фториды (<i>F</i>), мкг/л | 0,43 | 0,44 | 0,38 | 0,40 |

Для оценки качества водных ресурсов и экологического состояния водных экосистем в практике водного хозяйства широко используются методы, основанные на использовании комплексных показателей (определения пределов допустимых изменений (ПДИ) [3], предельно допустимой концентрации (ПДК) [4]), а также методологического обеспечения М.Ж. Бурлибаева [2] и В.В. Шабанова [5; 6].

При этом качество воды и экологического состояния водных объектов в бассейне реки Тобыл оценивается по методике В.В. Шабанова с помощью коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) [5]:

$$K_{нз} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{ПДК_i} - 1,$$

где: i – номер загрязняющего воду вещества; N – количество учитываемых веществ; $ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация учитываемых веществ; C_i – фактическая концентрация учитываемых веществ; $K_{нз}$ – коэффициент предельной загрязненности, характеризующий качество воды, состояние водного объекта рек и его водохозяйственное значение, которые оцениваются в соответствии классификации, то есть при $K_{нз} < -0,80$ – очень чистая, $K_{нз} = -0,80-0,0$ – чистая, $K_{нз} = 0,0-1,0$ – умеренно чистая, $K_{нз} = 1,0-3,0$ – загрязненная, $K_{нз} = 3,0-5,0$ – грязная и $K_{нз} > 5,0$ – очень грязная.

Результаты исследования. На основе коэффициента предельной загрязненности ($K_{нз}$) с использованием многолетних информационно-аналитических материалов по загрязнению воды в бассейне реки Тобыл и интегральных критериев предельно допустимой концентрации (ПДК) для рыбохозяйственного водопользования выполнена оценка качества воды по гидрохимическим показателям (табл. 2).

Таблица 2- Оценка качества воды в бассейне реки Тобыл по гидрохимическим показателям

| Показатель | ПДК _{рх} | Средние концентрации загрязняющих веществ по годам | | | |
|--|-------------------|--|---------|---------|---------|
| | | 1990 | 2000 | 2005 | 2012 |
| р. Тобыл – с. Гришенка | | | | | |
| Магний (Mg), мг/л | 40,0 | -0,0693 | 0,0900 | 7,1415 | 8,4455 |
| Хлориды (Cl), мг/л | 300,0 | -0,1504 | 0,3339 | 0,0855 | 0,2594 |
| Сульфаты (SO_4), мг/л | 100,0 | 0,6024 | 1,2671 | 0,6671 | 1,2421 |
| Кальций (Ca), мг/л | 180,0 | -0,6362 | -0,5960 | -0,6399 | -0,6296 |
| Летучие фенолы, мг/л | 0,001 | 0,0000 | -0,6000 | -0,2000 | -0,6000 |
| Нефтепродукты, мг/л | 0,05 | -0,6000 | -0,4000 | -0,6000 | -0,6000 |
| СПАВ, мг/л | 0,1 | -0,8000 | -0,5000 | -0,6000 | -0,7000 |
| Азот аммоний (NH_4), мг/л | 0,39 | -0,5338 | -0,7692 | -0,7444 | -0,3333 |
| Азот нитратный (NO_2), мг/л | 0,02 | 0,0000 | -0,5000 | -0,5000 | -0,5000 |
| Азот нитратный (NO_3), мг/л | 9,00 | -0,9000 | -0,9355 | -0,9689 | -0,9722 |
| Фосфаты (PO_4), мг/л | 0,25 | -0,7200 | -0,8400 | -0,8400 | -0,9200 |
| Железо общее (Fe), мг/л | 0,03 | 7,3333 | 6,000 | 6,0000 | 2,1000 |
| Медь (Cu), мкг/л | 1,0 | 0,0000 | 0,4400 | 17,9000 | 2,0100 |
| Цинк (Zn), мкг/л | 10,0 | 0,0000 | -0,8050 | -0,2980 | -0,8070 |
| Фториды (F), мкг/л | 0,75 | -0,5067 | -0,4133 | -0,5200 | -0,5067 |
| $K_{нз}$ | | 0,2013 | 0,1183 | 1,7255 | 0,4992 |
| р. Тобыл – г. Костанай (выше сброса городского стока) | | | | | |
| Магний (Mg), мг/л | 40,0 | -0,2035 | -0,4175 | - | -0,0390 |
| Хлориды (Cl), мг/л | 300,0 | -0,2813 | -0,2731 | -0,3941 | -0,3444 |

| Показатель | ПДК _{рх} | Средние концентрации загрязняющих веществ по годам | | | |
|---|-------------------|--|---------|---------|---------|
| | | 1990 | 2000 | 2005 | 2012 |
| Сульфаты (SO ₄), мг/л | 100,0 | 0,6884 | 1,0008 | 0,8177 | 0,9668 |
| Кальций (Ca), мг/л | 180,0 | -0,5643 | -0,5558 | -0,6336 | -0,4600 |
| Летучие фенолы, мг/л | 0,001 | 0,0000 | -0,5000 | -0,1000 | -0,6000 |
| Нефтепродукты, мг/л | 0,05 | -0,8000 | -0,4000 | -0,6000 | -0,6000 |
| СПАВ, мг/л | 0,1 | 0,9000 | -0,6000 | -0,7000 | -0,8000 |
| Азот аммоний (NH ₄), мг/л | 0,39 | -0,7118 | -0,7949 | -0,7692 | -0,4103 |
| Азот нитратный (NO ₂), мг/л | 0,02 | -0,5000 | -0,5000 | -0,5000 | -0,5000 |
| Азот нитратный (NO ₃), мг/л | 9,00 | -0,9244 | -0,9378 | -0,9667 | -0,9656 |
| Фосфаты (PO ₄), мг/л | 0,25 | -0,7200 | -0,8000 | -0,7600 | -0,7200 |
| Железо общее (Fe), мг/л | 0,03 | 4,000 | 4,6667 | 3,6667 | 208,00 |
| Медь (Cu), мкг/л | 1,0 | 0,0000 | 0,7800 | 9,3700 | 1,8300 |
| Цинк (Zn), мкг/л | 10,0 | 0,0000 | -0,9560 | -0,4740 | -0,7950 |
| Хром общий (Cr), мкг/л | 20,0 | 0,0000 | -0,9995 | -0,8570 | -0,6435 |
| Фториды (F), мкг/л | 0,75 | -0,4667 | -0,4533 | 0,5067 | -0,5333 |
| <i>K_{нз}</i> | | 0,02597 | -0,1089 | 0,4754 | 12,7116 |
| р. Тобыл – г. Костанай (3 км ниже сброса городского стока) | | | | | |
| Магний (Mg), мг/л | 40,0 | -0,0280 | -0,3038 | 0,0000 | 0,0430 |
| Хлориды (Cl), мг/л | 300,0 | -0,1508 | -0,2019 | -0,3796 | -0,3174 |
| Сульфаты (SO ₄), мг/л | 100,0 | 1,2454 | 1,4486 | 0,4201 | 0,9220 |
| Кальций (Ca), мг/л | 180,0 | -0,4673 | -0,4709 | -0,6134 | -0,6155 |
| Летучие фенолы, мг/л | 0,001 | 0,0000 | -0,6000 | -0,2000 | -0,5000 |
| Нефтепродукты, мг/л | 0,05 | -0,6000 | -0,4000 | -0,6000 | -0,6000 |
| СПАВ, мг/л | 0,1 | -0,8000 | -0,5000 | -0,6000 | -0,8000 |
| Азот аммоний (NH ₄), мг/л | 0,39 | 0,6667 | -0,4359 | -0,6667 | -0,3077 |
| Азот нитратный (NO ₂), мг/л | 0,02 | 1,5000 | 0,5000 | -0,5000 | -0,5000 |
| Азот нитратный (NO ₃), мг/л | 9,00 | -0,6567 | 0,7700 | -0,9289 | -0,6333 |
| Фосфаты (PO ₄), мг/л | 0,25 | -0,4800 | -0,7200 | -0,7200 | -0,6400 |
| Железо общее (Fe), мг/л | 0,03 | 6,3333 | 6,6667 | 4,3333 | 3,0667 |
| Медь (Cu), мкг/л | 1,0 | -0,6700 | 1,2800 | 13,0800 | 2,4600 |
| Цинк (Zn), мкг/л | 10,0 | -0,9520 | -0,9440 | -0,2720 | -0,8010 |
| Хром общий (Cr), мкг/л | 20,0 | 0,0000 | -0,9995 | -0,7780 | 0,5350 |
| Фториды (F), мкг/л | 0,75 | -0,4267 | -0,4133 | -0,4933 | -0,4667 |
| <i>K_{нз}</i> | | 0,2822 | 0,2923 | 0,6926 | 0,0528 |

Таким образом, оценка качества воды на водосборе бассейна р. Тобыл, проведенная в пространно-временном масштабе, начиная с зоны формирования стока (гидрологический пост - село Гришенка) до пункта в 3 км ниже сброса стока г. Костанай за 1990-2012 гг. показала, что коэффициент предельной загрязненности (*K_{нз}*) изменяется от - 0,1089 до 12,7116, а качество воды от «очень чистой» до «очень грязной». При этом зона формирования стока, т.е. в створе гидрологического поста с. Гришенка, в период 1990-2012 гг. качество воды изменялось от «умеренно чистой» до «загрязненной»; в створе в 3 км ниже сброса

стока г. Костанай вода р. Тобыл «умеренно чистая», чему способствует способность водной экосистемы к самоочищению.

Как видно из таблицы 3, вода на водосборе бассейна р. Тобыл в основном загрязнена тяжелыми металлами (Cu, Zn), сульфатами (SO_4) и нефтепродуктами, что необходимо учитывать при разработке природоохранных мероприятий.

Выполненная оценка качества воды в бассейне р. Тобыл с использованием коэффициента предельной загрязненности позволила определить степень и характер загрязнения для обоснования водоохранных мероприятий с учетом процессов естественного самоочищения природной системы[7].

Список использованных источников

1. Водные Ресурсы Казахстан. Оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана. Книга 1: Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана.- Алматы, 2012.-том VII.- 684 с.

2. Бурлибаев М.Ж., Шенбергер И.В., Бурлибаева Д.М., Симернова Д.А., Сокальский В.А., Айтуреев А.М., Линник А.С., Милуков Д.Ю. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана.- Алматы: Канагат, 2017.- том 2. – 552 с.

3. Калихман А.Д., Педерсен А.Д., Савенкова Т.П., Сукнев А.Я. Методика «пределов допустимых изменений» на Байкале – участке Всемирного наследия ЮНЕСКО. Иркутск: Оттиск, 1999.

4. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения.- М.: Минздрав СССР.-1988.- 74 с.

5. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем.- М: МГУП, 2009.- 154 с.

6. Вершинская М.Е., Шабанова В.В., Маркин В.Н. Эколого-водохозяйственная оценка водосбора и водных объектов в бассейне Иртыша//Природообустройство, 2008. -№2. -С.50-57.

7. Козыкеева А.Т., Мустафаев Ж.С., Гастемирова Б.Е. Особенности формирования гидрологического режима водосбора бассейна реки Тобол // МЕЛИОРАЦИЯ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО / Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Шумаковские чтения) «Инновационные технологии мелиорации, водного и лесного хозяйства Юга России». – Новочеркасск: Издательство Лик, 2018.-Выпуск 16. - Часть 1. - С.173-178.

УДК 615.035.4

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИТЕРИЕВ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Н.П. Курбатов

ФГБОУ ВО «Тверской Государственный технический университет», г. Тверь, Россия

Проектирование и строительство гидротехнических сооружений часто ведется без учета критериев теории надежности и методов математической статистики. В мелиоративном строительстве оценка надежности сооружения и его стоимости имеет огромное экономическое значение.

Каналы с заданными размерами и покрытием должны пропускать расчетный расход воды. Если запроектированный расход не проходит, то его качественные характеристики снижены и требуется либо восстановить их до проектных значений, либо расчеты были выполнены неверно (ошибки проектировщиков).