

УДК 550.491

DOI: 10.21209/2074-9155-2018-12-2-20-28

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДОЕМ-ОХЛАДИТЕЛЬ – ОЗЕРО КЕНОН ТЭЦ-1

WAYS TO REDUCE THE TECHNOGENIC LOAD ON WATER COOLER – LAKE KENON TPP-1

Представлены результаты расчета водного баланса. Разработаны и описаны способы по снижению концентрации сульфатов в водоеме-охладителе – оз. Кенон ТЭЦ-1 в г. Чита. Дан анализ по предложенным вариантам. Одним из главных последствий реализации данных способов является расчет сроков, за которые произойдет восстановление вод до природного состояния, что позволит использовать данную часть водоема в рекреационных целях

The results of water balance estimation are presented. The methods to reduce the sulfates' concentration in the water cooler – lake Kenon TPP (thermal power plant) - 1 in Chita are developed and described. An analysis of the proposed options is given. One of the main consequences of these methods implementation is the calculation of time for which the water will be restored to its natural state and which will allow using this part of the reservoir for recreational purposes

Ключевые слова: ТЭЦ-1; водоем-охладитель; озеро Кенон; сульфаты; концентрация

Key words: TPP-1; water cooler; Kenon Lake; sulfates; concentration



Г. О. Веселков

Введение. Одним из способов восстановления водных объектов могут являться гидротехнические сооружения. Идея восстановления оз. Кенон до природного состояния путем разделения его геосистемы на две части принадлежит О. Ю. Токаревой. Метод заключается в разделении

геосистемы водоема на техногенную и коммунально-бытовую части, с последующим проведением комплекса технических и биологических мероприятий в обеих частях и на водосборах. Разделить оз. Кенон предлагается дамбой. При таком расположении дамбы притоки Кадалинка, Ивановка также впадают в техногенную часть водоема и происходит перехват фильтрационных вод из золоотвала.

Задача данной работы состояла в том, чтобы рассчитать, как при этом будет меняться содержание сульфатов в техногенной части озера. Предлагается два варианта снижения уровня сульфатов в техногенной части. Представлен расчет баланса техногенной и коммунально-бытовой частей — для второго варианта.

На рис. 1 показаны изменения концентраций сульфатов и карбонатов с 1965 по 2000 гг. [2].

Переток из коммунально-бытовой части равен 7,27 млн м³/год, а перекачка из р. Ингода в коммунально-бытовую — 20,77 млн м³/год [1]. Полученные величины концентрации и массы сульфатов на конец года берутся как начальные для следующего года. На рис. 2 показана расчетная схема по первому варианту.



Рис. 1. Изменения концентраций сульфатов и карбонатов /
Fig. 1. Changes in the concentrations of sulfates and carbonates

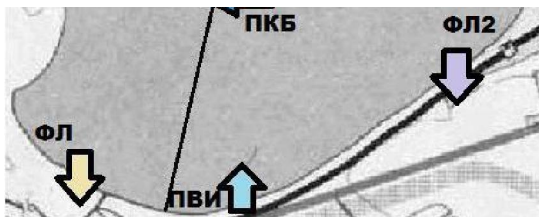


Рис. 2. Расчетная схема 1: ПВИ – перекачка из р. Ингода; ПКБ – переток из коммунально-бытовой части в техногенную; ЗБ – забор; СБ – сброс; ИНЗ – инфильтрация с золошлакоотвала; ФЛ – фильтрация /
Fig. 2. Design scheme 1: PVI – pipage from r. Ingoda; PKB – flow from the communal-household part into the technogenic one; ZB – fence; SB – spillage; INZ – infiltration from the ash dump; FL – filtering

Гидрохимический баланс рассчитывается по следующему уравнению:

$$M_2^k = M_2^h + M_1^k + M_{зо} + M_{ТЭС} - M_2^f, \quad (1)$$

где M_2^k – масса вещества в техногенной части на конец года, т;

M_2^h – масса вещества в техногенной части на начало года, т;

M_1^k – масса вещества в объёме перекачки из коммунально-бытовой в техногенную часть за год, т/год;

$M_{зо}$ – масса вещества, инфильтруемого с золошлакоотвала, т/год;

$M_{ТЭС}$ – масса вещества, поступающая в техногенную часть в результате водооборота ТЭС, т/год;

M_2^f – масса фильтрации вещества из техногенной части в грунты, т/год.

В табл. 1 показаны величины забора и сброса, которые посчитаны по формулам:

$$M_s = C_H^k \times W_s, \quad M_c = 0,95 \times M_s + 3904 \quad [2],$$

где M_s – масса забора т/год;

M_c – масса сброса т/год;

C_H^k – концентрация сульфатов в озере на начало года мг/л;

W_s – объем забора, м³;

Таблица 1. Расчет сбрасываемого вещества в водообороте ТЭС в техногенную часть / Table 1. Calculation of the discharged substance in the water circulation of TPP in the technogenic part

Год / Year	Забор / Fence	Сброс / Spillage
1	114674,25	112844,54
2	115036,85	113189,01
3	105744,56	104361,33
4	103568,94	102294,50
5	100914,69	99772,96
6	98782,59	97747,46
7	96094,50	95193,77
8	94813,30	93976,64
9	92710,21	91978,70
10	91080,91	90430,87

Величина массы вещества, поступающая в техногенную часть в результате водооборота ТЭС, получается отрицательной. Такая ситуация складывается ввиду того, что значительная часть сульфатов уходит в золоотвал вместе с водами гидрозолоудаления.

Далее определена их разница, величины которой приведены в табл. 2.

На рис. 3 представлен постепенно снижающийся уровень концентрации сульфатов в техногенной и коммунально-бытовой частях [1].

Во втором варианте перекачка из р. Ингода делится на два направления: 1) в коммунально-бытовую часть; 2) в техногенную часть. Следовательно, меняются соотношения в объемах.

Перекачка из р. Ингода в техногенную часть на первый год составляет 6,50 млн м³/год, переток из коммунально-бытовой части равен 0,77 млн м³/год, перекачка из р. Ингода в коммунально-бытовую – 14,27 млн м³/год. На остальные 11 лет перекачка из р. Ингода в техногенную часть на первый год составляет 7,27 млн м³/год, переток из коммунально-бытовой части отсутствует, перекачка из р. Ингода в коммунально-бытовую равна 13,50 млн м³/год.

На рис. 4 показана расчетная схема по второму варианту.

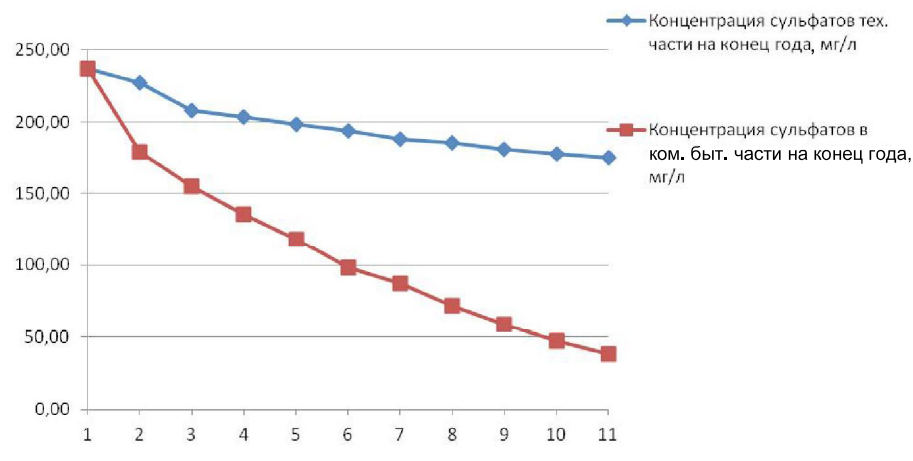


Рис. 3. Изменения концентрации сульфатов в техногенной и коммунально-бытовой частях оз. Кенон (график 1) / Fig. 3. Graph 1 changes in the concentration of sulfates in technogenic part and communal-household parts of the lake Kenon (chart 1)

Таблица 2. Изменения сульфатной концентрации техногенной части оз. Кенон (расчет 1) / Table 2. Changes in the sulfate concentration of the technogenic part of the lake Kenon (calculation 1)

Год / Year	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Масса вещества в техн. части на начало года, т/год / Mass of a substance in tech. parts at the beginning of the year, t/year	Масса вещества в техн. части на конец года, т/год / Mass of a substance in tech. parts at the end of the year, t/year	Масса вещества в ком.-быт. части на конец года, т/год / Mass of the substance in the communal-household part at the end of the year, t/year	Масса вещества в водах перетока в техногенную часть, т/год / Mass of the substance in the water transfer to the technogenic part, t/year	Масса вещества, инфильтрация с золошлакоотвала, т/год / Mass of the substance infiltration from the ash dump, t/year	Масса вещества ТЭС, т/год / Mass of TPP substance, t/year	Масса вещества, фильтрация, т/год / Mass of matter, filtration, tons/year	Концентрация сульфатов техн. части на начало года, мг/л / Sulfate concentration of techn. parts at the beginning of the year, mg/l	Концентрация сульфатов техн. части на конец года, мг/л / Sulfate concentration of techn. parts at the end of the year, mg/l	Концентрация сульфатов в ком.-быт. части на конец года, мг/л / Concentration of sulfates in the communal-household part at the end of the year, mg/l	Объем ком.-быт. части оз. Кенон, млн м³ / Volume of communal-household part of lake Kenon, million m³	Объем тех. части оз. Кенон, млн м³ / Volume of techn. parts of the lake Kenon, million m³	Объем перетока из ком.-быт. части в техногенную, млн м³ / Volume of flow from the communal-household part into technogenic one, million m³	Объем перекачки вод из р. Ингода в ком.-быт. часть, млн м³/год / Volume of water pipe from the Ingoda river to the municipal unit, million m³/year
1	5621,40	5388,89	10103,20	1600,9	684,15	1829,71	687,85	237,19	227,38	179,00	47,50	23,70	7,27	20,77
2	5388,89	4933,47	8779,50	1398,3	684,15	1847,84	690,03	237,94	208,16	155,40	47,50	23,70	7,27	20,77
3	4933,47	4826,80	7658,40	1226,7	684,15	1383,23	634,29	218,72	203,66	135,40	47,50	23,70	7,27	20,77
4	4826,80	4896,66	6708,90	1081,4	684,15	1274,45	621,24	214,22	198,17	118,50	47,50	23,70	7,27	20,77
5	4696,66	4592,06	5627,50	958,3	684,15	1141,73	605,32	208,73	193,76	98,30	47,50	23,70	7,27	20,77
6	4592,06	4460,25	4946,40	811,7	684,15	1035,13	592,53	204,32	188,20	87,00	47,50	23,70	7,27	20,77
7	4460,25	4397,17	4134,70	729,9	684,15	900,72	576,40	198,76	185,53	71,70	47,50	23,70	7,27	20,77
8	4397,17	4294,14	3404,80	618,2	684,15	836,67	568,72	196,11	181,19	58,70	47,50	23,70	7,27	20,77
9	4294,14	4214,28	2786,70	523,6	684,15	731,51	556,10	191,76	177,82	47,60	47,50	23,70	7,27	20,77
10	4214,28	4145,45	2263,10	443,4	684,15	650,05	546,33	188,39	174,91	38,30	47,50	23,70	7,27	20,77

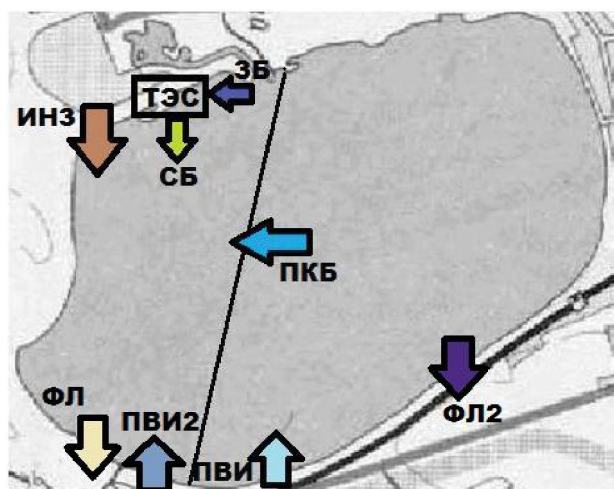


Рис. 4. Расчетная схема 2: ПВИ – перекачка из р. Ингода в коммунально-бытовую часть; ПВИ2 – перекачка из р. Ингода в техногенную часть; ПКБ – переток из коммунально-бытовой части в техногенную; ЗБ – забор; СБ – сброс; ИНЗ – инфильтрация с золошлакоотвала; ФЛ – фильтрация с техногенной части; ФЛ2 – фильтрация с коммунально-бытовой части / Fig. 4. Design scheme 2: PVI – pipage from r. Ingoda; PKB – flow from the communal-household part into the technogenic one; ZB – fence; SB – spillage; INZ – infiltration from the ash dump; FL – filtering; FL2 – filtering from the communal-household part

В этом варианте добавляется перекачка из р. Ингода в техногенную часть. При расчете учитывается фильтрация с коммунально-бытовой части.

Гидрохимический баланс техногенной части рассчитывается по следующему уравнению:

$$M_2^k = M_2^n + M_1^k + M_{зо} + M_{ТЭС} - M_{\phi} + M_2^n, \quad (2)$$

где M_2^n – масса вещества в техногенной части на начало года, т;

M_1^k – масса вещества в объеме перекачки из коммунально-бытовой в техногенную часть за год, т/год;

$M_{зо}$ – масса вещества, инфильтруемого с золошлакоотвала, т/год;

$M_{ТЭС}$ – масса вещества, поступающая в техногенную часть в результате водооборота ТЭС, т/год;

M_{ϕ} – масса фильтрации вещества из техногенной части в грунты, т/год;

M_2^n – масса вещества, перекаченного из р. Ингода в техногенную часть, т/год.

Гидрохимический баланс коммунально-бытовой части рассчитывается по уравнению

$$M_3^k = M_3^n + M_1^p - M_1^k - M_3^{\phi}, \quad (3)$$

где M_3^k – масса вещества в коммунально-бытовой части на конец года, т/год;

M_3^n – масса вещества в коммунально-бытовой части на начало года, т;

M_1^p – масса вещества, перекаченного из р. Ингода в коммунально-бытовую часть, т/год;

M_1^k – масса вещества в объеме перекачки из коммунально-бытовой в техногенную часть за год, т/год;

M_3^{ϕ} – масса фильтрации вещества из коммунально-бытовой части в грунты, т/год.

В табл. 3 показаны величины забора и сброса, которые посчитаны по формулам:

$$M_з = C_n^k \times W_з, M_c = 0,95 \times M_з + 3904 \quad [2]$$

где $M_з$ – масса забора, т/год;

M_c – масса сброса, т/год;

C_n^k – концентрация сульфатов в озере на начало года, мг/л;

$W_з$ – объем забора, м³.

Таблица 3. Расчет сбрасываемого вещества в водообороте ТЭС в техногенную часть (расчет 2) / Table 3. Calculation of discharged substances in the water circulation of TPP into the technogenic part (calculation 2)

Год / Year	Забор / Fence	Сброс / Spillage	Год / Year	Забор / Fence	Сброс / Spillage
1	114674,2493	112844,5368	11	85139,067	84786,11365
2	85081,0506	84730,99807	12	85143,9017	84790,70662
3	85148,7364	84795,29958	13	85139,067	84786,11365
4	85139,067	84786,11365	14	85139,067	84786,11365
5	85139,067	84786,11365	15	85139,067	84786,11365
6	85139,067	84786,11365	16	85139,067	84786,11365
7	85139,067	84786,11365	17	85143,9017	84790,70662
8	85143,9017	84790,70662	18	85139,067	84786,11365
9	85139,067	84786,11365	19	85139,067	84786,11365
10	85139,067	84786,11365	20	85139,067	84786,11365

Далее, как и в первом варианте (табл. 2), дан расчет изменения сульфатной концентрации техногенной части оз. Кенон (табл. 4).

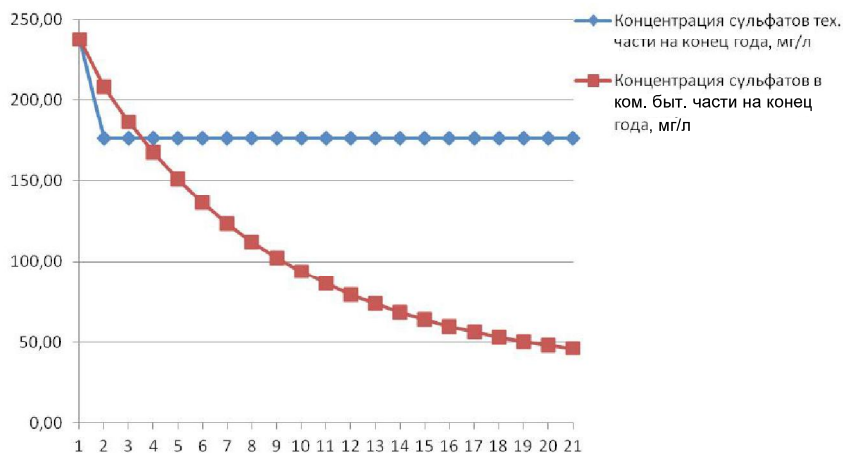


Рис. 5. Изменения концентрации сульфатов в техногенной и коммунально-бытовой частях оз. Кенон (график 2) / Fig. 5. Changes in the concentration of sulfates in technogenic part and communal-household parts of the lake Kenon (schedule 2)

Из полученных данных о концентрациях, которые представлены на рис. 5, видно, что концентрация в техногенной части имеет резкий спад только в первый год, последующие годы график выходит на одно значение постоянной концентрации. Это происходит за счет снижения отрицательной величины массы вещества, поступающей в техноген-

ную часть в результате водооборота ТЭС, которая, в свою очередь, снижается за счет изменений объема перетока в техногенную часть. В коммунально-бытовой части происходит более медленное снижение сульфатов. При этом удлиняется по времени промывка до природного уровня более чем на десять лет.

Таблица 4. Изменения сульфатной концентрации техногенной части оз. Кенон (расчет 2) / Table 4. Changes in the sulfate concentration of the technogenic part of the lake Kenon (calculation 2)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Год / Year	Масса вещества в техн. части на начало года, т/год / Mass of a substance in tech. parts at the beginning of the year, t/year	Масса вещества в техн. части на конец года, т/год / Mass of a substance in tech. parts at the end of the year, t/year	Масса вещества в ком.-быт. части на начало года, т/год / Mass of a substance in the communal-household part at the beginning of the year, t/year	Масса вещества в ком.-быт. части на конец года, т/год / Mass of a substance in the communal-household part, at the end of the year, t/year	Масса вещества в водах перетока в техногенную часть, т/год / Mass of a substance in the waters of the overflow to the technogenic part, t/year	Масса вещества инфильтрации с золотшлакоотвала / Mass of infiltration substance from ash dump	Масса вещества ТЭС, т/год / Mass of TPP substance, t/year	Масса вещества фильтрации в техн. части, т/год / Mass of the substance of filtration in tech. parts, t/year	Масса вещества фильтрации в ком.-быт. части, т/год / Mass of the substance of filtration in communal-household part, t/year	Масса вещества, перекаченного из р. Ингода, мг/л / Mass of the substance pumped from r. Ingoda, mg/l
1	5621,40	4170,66	11266,53	9887,74	192,88	684,15	-1829,71	687,95	1375,70	189,79
2	4170,66	4173,97	9887,74	8859,96	0,00	684,15	-350,05	510,34	1207,33	179,55
3	4173,97	4173,49	8859,96	7957,64	0,00	684,15	-353,44	510,75	1081,87	179,55
4	4173,49	4173,55	7957,64	7165,52	0,00	684,15	-352,95	510,69	971,67	179,55
5	4173,55	4173,61	7165,52	6470,14	0,00	684,15	-352,95	510,69	874,93	179,55
6	4173,61	4173,67	6470,14	5859,67	0,00	684,15	-352,95	510,69	790,02	179,55
7	4173,67	4173,73	5859,67	5323,73	0,00	684,15	-352,95	510,69	715,49	179,55
8	4173,73	4173,52	5323,73	4853,22	0,00	684,15	-353,20	510,72	650,06	179,55
9	4173,52	4173,58	4853,22	4440,18	0,00	684,15	-352,95	510,69	592,59	179,55
10	4173,58	4173,64	4440,18	4077,55	0,00	684,15	-352,95	510,69	542,18	179,55
11	4173,64	4173,70	4077,55	3759,23	0,00	684,15	-352,95	510,69	497,87	179,55
12	4173,70	4173,49	3759,23	3479,77	0,00	684,15	-353,20	510,72	459,01	179,55
13	4173,49	4173,55	3479,77	3234,41	0,00	684,15	-352,95	510,69	424,91	179,55
14	4173,55	4173,61	3234,41	3019,04	0,00	684,15	-352,95	510,69	394,92	179,55
15	4173,61	4173,67	3019,04	2829,94	0,00	684,15	-352,95	510,69	368,65	179,55
16	4173,67	4173,73	2829,94	2663,93	0,00	684,15	-352,95	510,69	345,564	179,55
17	4173,73	4173,52	2663,93	2518,22	0,00	684,15	-353,20	510,719	325,264	179,55
18	4173,52	4173,58	2518,22	2390,25	0,00	684,15	-352,95	510,69	307,52	179,55
19	4173,58	4173,64	2390,25	2277,94	0,00	684,15	-352,95	510,69	291,86	179,55
20	4173,64	4173,70	2277,94	2179,32	0,00	684,15	-352,95	510,69	278,17	179,55

Окончание табл. 4

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Концентрация сульфатов в водах р. Ингода, мг/л / Concentration of sulfates in waters of the Ingoda River, mg/l	Концентрация сульфатов техн. части на начало года, мг/л / Concentration of sulfates of a technical part at the beginning of year, mg/l	Концентрация сульфатов техн. части на конец года, мг/л / Concentration of sulfates of a technical part at the end of year, mg/l	Концентрация сульфатов в ком.-быт. части на начало года, мг/л / Concentration of sulfates in communal-household part at the beginning of year, mg/l	Концентрация сульфатов в ком.-быт. части на конец года, мг/л / Concentration of sulfates in communal-household part at the end of year, mg/l	Объем ком.-быт. части оз. Кенон, млн. м ³ / Volume of communal-household part of the lake of Kenon, one million m ³	Объем тех. части оз. Кенон, млн. м ³ / Volume of tech. part of the lake of Kenon, one million m ³	Объем перетока из ком.-быт. части в техногенную, млн. м ³ / Volume of flon from the utility part to the technogenic part, one million m ³	Объем перетока из р. Ингода в техногенную часть, млн м ³ / Overflow volume from the Ingoda River in to technogenic part, million m ³	Объем перекачки вод из р. Ингода в ком.-быт. часть, млн м ³ /год / Volume of pumping waters from the Ingoda River in to technogenic part one, million m ³ /year
13,30	237,19	175,98	237,19	208,16	47,50	23,70	0,77	6,50	14,27
13,30	175,98	176,12	208,16	186,53	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,12	176,10	186,53	167,53	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,10	176,10	167,53	150,85	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,10	176,10	150,85	136,21	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,10	176,10	136,21	123,36	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,10	176,11	123,36	112,08	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,11	176,10	112,08	102,17	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,10	176,10	102,17	93,48	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,10	176,10	93,48	85,84	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,10	176,11	85,84	79,14	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,11	176,10	79,14	73,26	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,10	176,10	73,26	68,09	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,10	176,10	68,09	63,56	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,10	176,10	63,56	59,58	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,1	176,11	59,58	56,08	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,11	176,10	56,08	53,02	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,10	176,10	53,02	50,32	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,10	176,10	50,32	47,96	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50
13,30	176,10	176,11	47,96	45,88	47,50	23,70	0,00	7,27	13,50

Заключение. После проведения расчетов по предложенным вариантам понижения вод техногенной части оз. Кенон выявлено, что по первому варианту значительное понижение может произойти за 11 лет в техногенной части, после чего выйдет на уровень — 174,96 мг/л. В коммунально-бытовой части за это время произойдет промывка до природного уровня — 38,30 мг/л [1].

По второму варианту понижение сульфатов в техногенной части произойдет в пер-

вый год, после чего будет держаться данный уровень. Это понижение произойдет благодаря добавлению перекачки воды из р. Ингода. Но промывка коммунально-бытовой части удлинится на 20 лет, так как после первого года не будет перекачки в техногенную часть. Возможны и другие варианты: за счет балансирования между перекачкой из р. Ингода в техногенную часть и перекачкой из коммунально-бытовой части в техногенную часть.

Список литературы

1. Тарасова С. Г. Прогноз восстановления качественного состава вод оз. Кенон: магистр. дис. по направлению 25.00.36 Геоэкология. Чита, 2017. 184 с.
2. Токарева О. Ю. Комплексный анализ изменения состояния водоема-охладителя ТЭС и возможные пути его восстановления (на примере озера в г. Чита): дис. ... канд. техн. наук: 25.00.36. Чита, 2004. 184 с.

References

1. Tarasova S. G. *Prognoz vosstanovleniya kachestvennogo sostava vod oz. Kenon: magistr. dis. po napravleniyu 25.00.36. Geoekologiya* (Forecast of restoration of the qualitative composition of the waters of the lake Kenon: master. dis. in the direction 25.00.36 Geoecology). Chita, 2017. 184 p.
2. Tokareva O. Yu. *Kompleksny analiz izmeneniya sostoyaniya vodoema-ohladyatelya TPS i vozmozhnye puti ego vosstanovleniya (na primere ozera v g. Chite): dis. ... kand. tehn. nauk: 25.00.36.* (Comprehensive analysis of changes in the state of the water cooler of thermal power plants and possible ways to restore it (on the example of the lake in the city of Chita): dis. ... cand. tech. sciences: 25.00.36). Chita, 2004. 184 p.

Сведения об авторе

Information about the author

Веселков Георгий Олегович, аспирант, младший научный сотрудник, лаборатория геоэкологии и гидрогеохимии, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия. *Научные интересы:* гидрохимия, гидрогеохимия

Georgy Veselkov, postgraduate, Geoecology and Hydrogeochemistry laboratory, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia. *Research interests:* hydrochemistry, hydrogeochemistry