

УДК 551.16

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНОСТИ РЕК ОБЬ-ИРТЫШСКОГО БАССЕЙНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Е.Д. Кошелева^{1,2}, А.Т. Зиновьев¹

¹Институт водных и экологических проблем, Барнаул, E-mail: zinoviev@iwep.ru, edk@iwep.ru

²Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, E-mail: kosheleva.asau@yandex.ru

Целью данного исследования стало изучение изменений стока рек Обь-Иртышского бассейна в новых климатических условиях последних десятилетий. Используя результаты статистического анализа рядов среднегодовых расходов рек региона, были выявлены их линейные тренды. Были оценены изменения норм стока за прошлые десятилетия. Выполнен прогноз норм и объема стока для следующих 10-20 лет.

Ключевые слова: периоды наблюдения, норма стока, среднегодовые расходы, тренд, прогнозы, климатические изменения, река, Обь-Иртышский бассейн.

Дата поступления 3.09.2017

Вода – ценнейший природный ресурс в промышленном и сельскохозяйственном производствах, также необходимый для водоснабжения населения. Рост температур и осадков в комплексе оказывает влияние на формирование поверхностного стока на юге Западной Сибири. Под действием климатических факторов последние десятилетия меняются существующие тенденции годового стока. В связи с этим необходимо не только оценивать изменения водности рек, но и норм стока, а также разрабатывать прогнозы на ближайшие 10-20 лет, что актуально с точки зрения обеспечения устойчивого водопотребления для различных групп водопользователей.

Согласно основным выводам второго оценочного доклада Росгидромета в 2014 г. [1] текущее изменение климата России – это продолжающееся потепление со скоростью более чем в 2,5 раза превышающей скорость глобальных аналогичных тенденций, и замедление этого процесса пока не отмечено. В течение всего XXI в. потепление климата в нашей стране будет существенно превышать среднее глобальное.

Период после 1976 г. как во всем мире, так и в России характеризуется наиболее интенсивным потеплением со

среднегодовой скоростью в целом для России 0,43°C/10 лет [2]. Тренд годовых сумм осадков в течение 1976-2012 гг. на большей части территории России положителен и в среднем составляет 0,8 мм/месяц за 10 лет. По данным Росгидромета на общем фоне фазы повышенной водности рек страны, начавшейся с конца 1970-х и длившейся до начала 1980-х гг., общее увеличение водных ресурсов России за 1981-2012 гг. составило в среднем 204 км³/год, или 4,8 % [1, с. 350]. В Сибирском Федеральном округе отклонение от среднего многолетнего значения стока (1930-1980) составило +3,6 % в период 1981-2012 гг. [1, с. 351].

Для метеостанции Алтайского края лесостепной природной зоны тренд годовых сумм осадков с 1976 по 2014 гг. положителен, но меньше значений указанных в докладе: +1,12 мм/год (г. Барнаул), +0,09 мм/год (г. Камень-на-Оби). Для метеостанций, расположенных в степной и близко к степной зоне, тренд годовых сумм осадков отрицателен: –2,03 мм/год (г. Славгород), –0,80 мм/год (г. Рубцовск), –0,46 мм/год (с. Ребриха).

Метеостанция г. Барнаула наблюдения за температурами осуществляет с 1838 г. Тренд среднегодовых темпера-

тур за период с 1838 по 2015 гг. положителен, скорость роста среднегодовых температур в среднем за весь период достигает значений $+0,14^{\circ}\text{C}/10$ лет, что тоже меньше показателей по России. В целом в данном ряду данных выделяется три периода, при этом средний (1905-1975) имеет тренд близкий к нулю ($+0,04^{\circ}\text{C}/10$ лет), а последние 40 лет (1976-2015) наблюдается более крутой подъем, скорость потепления составляет $+0,23^{\circ}\text{C}/10$ лет (меньше, чем по России в 2 раза).

Целями и задачами исследования является анализ изменения стока основных рек Обь-Иртышского бассейна на фоне климатических изменений и выполнение прогнозов. Условием реализации сценарных прогнозов является продолжение в будущем сходных климатических изменений, сохранение текущих многолетних трендов в области температур и осадков. Результаты моделирования климата Росгидрометом говорят о том, что тенденции и скорости потепления в XXI в. будут такими же, как и в конце XX в.

Использованы данные гидрологических ежегодников о стоке 35 рек по 69 гидрологическим постам Верхнего и Среднего течения Оби, а также данные за последние 15 лет Центра регистра и кадастра [3-4]. Оценка изменения водности рек указанного региона проводилась для створов, имеющих полный период наблюдений с длиной ряда не менее 50-60 лет (с начала работы гидрологических постов по 2010 г.). В случае пропусков внутри ряда средние годовые расходы восстанавливались по бассейну-аналогу, а при отсутствии наблюдений более одного года или нарушении их непрерывных менее 50 лет – ряд не использовался. Исходные данные прошли первичную обработку, в результате чего для каждого ряда был установлен расчетный репрезентативный период, включающий в себя полные циклы водности.

Методы анализа и прогноза

Применяемые для анализа в данном исследовании методы оценки изменения водности рек соответствуют общепри-

нятым научным методам, используемым для получения оценок последствий изменений климата в XX веке для природных и хозяйственных систем [5]. Оценка и прогноз осуществлялись с применением двух методов расчета среднего значения ряда данных (нормы стока), а также построения двух различных кривых и их трендов.

Метод 1. Для прогноза использовались полученные тренды в рядах наблюдений. При аналитическом представлении сценарного прогноза на основе линейных трендов норма стока Q_0 , вычисленная по рядам наблюдений Q_i и среднее значение ряда Q^T_0 , задаваемого найденным линейным трендом, практически совпадают.

$$Q_0 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Q_i}{n} \approx Q^T_0 = \frac{Q_1 + Q_n}{2},$$

где $Q_i = A \times T(i) + B$ – уравнение тренда (среднегодовых, среднемесячных) расходов Q_i ; $i = [1 \dots n]$ порядковые номера элементов ряда, $i = 1$ соответствует началу расчетного периода, $i = n$ соответствует концу расчетного периода; Q_1 – первый элемент ряда (среднегодовых, среднемесячных) расходов; Q_n – последний элемент ряда (среднегодовых, среднемесячных) расходов; $T(i)$ – возрастающая последовательность годов наблюдений от $T(1)$ до $T(n)$.

Разница между Q_0 и Q^T_0 составляет десятые доли, а большей части – сотые доли процента. Это позволяет при использовании линейного уравнения тренда рассчитать прогнозируемую норму стока для периода от начала наблюдений до 2020 и до 2030 гг. В первом шаге устанавливается значение ординаты трендового уравнения для конца рассматриваемого периода ($T = 2020$ или $T = 2030$), затем вычисляется среднее ряда за весь период наблюдений (до 2020 г. или до 2030 г.), которое и является прогнозным значением нормы стока [6-7].

Метод 2. Для постов с длинными рядами наблюдений производился процесс имитации хода времени и последовательного удлинения ряда наблюдения

на 1 год. Для каждого периода времени, отличающегося от соседнего периода на 1 год, рассчитывалась норма стока. Для каждого поста удлиняющихся во времени рядов наблюдений выделена зона стабилизации, где амплитуда колебаний рассчитанной нормы стока становится стабильной и минимальной. На основе данного периода по линейному тренду зоны стабилизации среднего ряда выполнены сценарные прогнозы норм стока, например к 2020 г., предполагая сохранение существующих тенденций в будущем [8].

Результаты расчетов и обсуждение

Значения норм стока для установленных репрезентативных периодов среднегодовых расходов и их прогнозы до 2020 и 2030 гг., рассчитанные по методу 1 представлены в таблице 1. На участке от слияния Бии и Катунь до г. Камня-на-Оби водность Оби не претерпевает значимых изменений. В створе с. Фоминское будет наблюдаться уменьшение нормы стока: к 2020 г. – на 1,54 %, к 2030 г. – на 3,08 %.

Примерно за столетний период наблюдений водность Оби в створах г. Барнаула и г. Камня-на-Оби слабо увеличивается. Эта тенденция приведет к увеличению нормы стока к 2020 г. на 0,49 % и 0,18 %, к 2030 г. – на 0,98 % и 0,36 % в данных створах, соответственно. Происходящие изменения от с. Фоминского до г. Барнаула связаны с увеличением водности реки Чарыш – основного левобережного притока Оби, объем стока которого в среднем многолетнем разрезе составляет 6,1 км³. Увеличение нормы стока для створа р. Чарыш – схз. Чарышский к 2020 г. прогнозируется на 1,74 %, к 2030 г. – на 3,44 % от значений 2010 г. Водность других левобережных притоков р. Оби изменяется в разных направлениях. Нормы стока рек Песчаной и Алей увеличиваются и к 2030 г. будут больше текущих значений на 1,21 % и 0,81 %, соответственно. Норма стока р. Ануй уменьшится к 2030 г на 4,46 %, но в абсолютных значениях изменение составит небольшую величину – 1,27 м³/с.

Таблица 1

Нормы стока рек Обь-Иртышского бассейна и прогнозы их значений (метод 1)

Река	Пост	2010 г., м ³ /с	2020 г., м ³ /с	2020 г. относит. 2010 г.		2030 г., м ³ /с	2030 г. относит. 2010 г.	
				м ³ /с	%		м ³ /с	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>1. Верхняя Обь</i>								
Обь	Фоминское	1112,64	1095,49	-17,15	-1,54	1078,34	-34,30	-3,08
Обь	Барнаул	1478,50	1485,50	7,30	0,49	1492,80	14,60	0,98
Обь	Камень-на-Оби	1615,70	1618,60	2,86	0,18	1621,46	5,72	0,36
Обь	Колпашево	3880,51	3820,99	-59,52	-1,53	3761,48	-119,03	-3,07
<i>1.1. Притоки Верхней Оби</i>								
Чулышман	Балыкча	158,93	159,72	0,79	0,50	160,11	1,18	0,74
Бия	Бийск	475,6	475,4	-0,21	-0,04	475,19	-0,42	-0,08
Катунь	Сростки	671,68	630,26	-41,42	-6,17	588,84	-82,84	-12,33
Песчаная	Точильное	32,14	32,33	0,19	0,59	32,53	0,39	1,21
Ануй	свх. Ануйский	28,39	27,75	-0,64	-2,24	27,12	-1,27	-4,46
Чарыш	свх. Чарышский	192,70	194,40	1,74	0,91	195,57	3,44	1,82
Алей	Староалейское	19,15	19,23	0,08	0,40	19,31	0,16	0,81
Касмала	Рогозиха	1,71	1,62	-0,09	-5,18	1,53	-0,18	-10,45
Чумыш	Тальменка	128,32	124,14	-4,18	-3,26	119,96	-8,36	-6,51
Бердь	Ст. Искитим	35,91	35,34	-0,57	-1,60	34,76	-1,15	-3,21
<i>1.2. Бассейны рек Томь и Чулым</i>								
Томь	Томск	1069,03	1058,45	-10,58	-0,99	1047,87	-21,15	-1,98
Чулым	Батурино	784,36	781,22	-3,14	-0,40	778,08	-6,28	-0,80

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>1.3. Притоки Оби ниже впадения Чулыма (зона болот)</i>								
Чая	Подгорное	77,74	77,85	0,11	0,14	78,01	0,27	0,35
Кеть	Максимкин Яр	242,70	243,30	0,60	0,25	243,90	1,20	0,49
Парабель	Новиково	79,74	84,14	4,40	5,52	88,54	8,80	11,04
Васюган	Васюган	159,90	160,00	0,10	0,07	160,10	0,20	0,13
Васюган	Н. Васюган	87,63	90,05	2,42	2,76	92,47	4,84	5,52
Тым	Напас	196,63	197,91	1,28	0,65	199,18	2,55	1,30
<i>2. Бессточная область Обь-Иртышского междуречья</i>								
Бурла	Хабары	2,60	2,58	-0,02	-0,85	2,57	-0,03	-1,23
Кулунда	Шимолино	4,83	4,68	-0,15	-3,15	4,53	-0,30	-6,25
Каргат	Здвинск	6,70	6,44	-0,26	-3,92	6,17	-0,53	-7,94
<i>3. Иртыш (с юга на север)</i>								
Иртыш	Новая Станица	797,72	830,95	33,23	4,16	864,14	66,42	8,33
Иртыш	Омск	869,40	862,10	-7,32	-0,84	854,78	-14,62	-1,64
Иртыш	Усть-Ишим	1106,52	1063,40	-43,12	-3,90	1020,29	-86,23	-7,79
Иртыш	Тобольск	2125,20	2118,40	-6,75	-0,32	2146,76	-13,50	-0,64
Иртыш	Ханты-Мансийск	2935,60	3063,73	128,13	4,37	3191,97	256,38	8,73
<i>4. Правобережье Иртыша (с севера на юг)</i>								
Демьянка	Юрты Лимкоевский	181,06	190,78	9,72	5,37	200,50	19,44	10,74
Туй	Туйский	14,56	14,38	-0,18	-1,24	14,20	-0,36	-2,48
Туй	Ермиловка	31,08	30,81	-0,27	-0,87	30,54	-0,54	-1,74
Шиш	Васис	8,39	8,13	-0,26	-3,11	7,88	-0,51	-6,03
Шиш	Атирка	14,98	14,7	-0,28	-1,88	14,42	-0,56	-3,7
Тара	М.Красноярское	36,17	37,76	1,59	4,38	39,34	3,17	8,76
Омь	Вознесенское	48,06	50,82	2,76	5,74	53,57	5,51	11,46
<i>5. Левобережье Иртыша (с севера на юг)</i>								
Конда	Чантирья	83,42	85,73	2,31	2,77	88,04	4,62	5,54
Конда	Урай	129,78	131,05	1,27	0,98	132,32	2,54	1,96
Конда	Болчары	329,20	337,19	7,99	2,42	345,16	15,96	4,85
Конда	Алтай	355,25	366,74	11,49	3,24	378,24	22,99	6,47
Сосьва	Денежкино	40,17	40,89	0,72	1,80	41,62	1,45	3,61
Сосьва	Новая Пристань	70,36	71,45	1,09	1,55	72,54	2,18	3,10
Сосьва	Сосьва	133,91	136,33	2,42	1,81	138,75	4,84	3,62
Тура	Верхотур	25,92	25,74	-0,18	-0,71	25,55	-0,37	-1,42
Тура	Туринское	123,54	127,03	3,49	2,83	130,53	6,99	5,66
Тура	Тюмень	209,77	215,31	5,54	2,64	220,85	11,08	5,28
Исеть	Мельзавод	13,19	14,78	1,59	12,03	16,36	3,17	24,05
Исеть	Катайск	32,49	34,92	2,43	7,47	37,35	4,86	14,94
Исеть	Мехонское	60,39	58,25	-2,14	-3,54	56,12	-4,28	-7,08
Исеть	Исетское	74,49	75,81	1,32	1,77	77,13	2,64	3,54
Миасс	НовоАндреевка	6,47	6,30	-0,17	-2,54	6,14	-0,33	-5,09
Миасс	Новое Поле	7,18	6,18	-1,00	-13,99	5,17	-2,01	-27,99
Миасс	Карачельское	12,19	11,48	-0,71	-5,85	10,76	-1,43	-11,69
Миасс	Каргаполье	17,11	17,03	-0,08	-0,43	16,96	-0,15	-0,86
Тобол	Звериноголовское	27,09	26,97	-0,12	-0,45	26,85	-0,24	-0,89
Тобол	Курган	35,01	31,82	-3,19	-9,09	28,64	-6,37	-18,18
Тобол	Ялоторовск	123,58	123,56	-0,02	-0,02	123,53	-0,05	-0,04
Тобол	Липовка	841,62	849,39	7,77	0,92	857,17	15,55	1,85
Вагай	Усть-Ламенка	3,47	3,30	-0,17	-5,02	3,12	-0,35	-10,03
Вагай	Нововыигрышная	8,75	8,37	-0,38	-4,30	8,00	-0,75	-8,60
Ишим	Ишим	63,17	67,72	4,55	7,20	72,27	9,10	14,41
Ишим	Викулово	74,21	78,80	4,59	6,18	83,39	9,17	12,36

Таблица 2

Сравнение результатов прогноза норм стока (1 и 2 метод)

Водоток – Пост	Период наблюдений		Q_0 , м ³ /с	Метод	Q_0^T , м ³ /с	Прогноз нормы стока			
	Тн, год	Тк, год				Q_0^{2010} , м ³ /с	Q_0^{2020} , м ³ /с	скорость изменения за 10 лет ΔQ_0	
								м ³ /с	%
Обь – г. Барнаул	1922	2008	1473,8	1	1477,1	1478,5	1485,8	7,30	0,49
				2	1521,6	1523,8	1534,9	11,11	0,73
Обь – г. Камень-на-Оби	1894	2008	1617,4	1	1615,2	1615,7	1618,6	2,86	0,18
				2	1719,7	1723,3	1741,3	17,94	1,04
Бия – г. Бийск	1885	2008	472,8	1	475,6	475,6	475,4	–0,21	–0,04
				2	470,5	470,5	470,1	–0,40	–0,08
Чарыш – свх. Чарышский	1948	2008	191,3	1	192,0	192,7	194,4	1,74	0,91
				2	196,5	196,8	198,5	1,72	0,87
Томь – г. Новокузнецк	1894	2008	652,3	1	650,6	650,7	650,9	0,23	0,04
				2	665,7	666,2	668,5	2,36	0,35
Иртыш – г. Тобольск	1891	1999	2149,2	1	2132,6	2125,2	2118,4	–6,75	–0,32
				2	2126,8	2122,2	2118,1	–4,15	–0,20
Иртыш – г. Омск	1923	2007	872,1	1	871,6	869,4	862,1	–7,32	–0,84
				2	799,3	794,1	776,7	–17,35	–2,18

Таблица 3

Прогнозы объемов водных ресурсов основных рек Обь-Иртышского бассейна к 2020 и 2030 гг., км³/год

Река	Гидрологический пост	2010	2020	2030	Скорость изменения за 10 лет
Обь	Фоминское	35,09	34,55	34,01	–0,54
Обь	Барнаул	46,63	46,85	47,08	0,23
Обь	Камень-на-Оби	50,95	51,04	51,13	0,09
Обь	Колпашево	122,38	120,50	118,62	–1,88
Бия	Бийск	15,00	14,99	14,99	–0,01
Катунь	Сростки	21,18	19,88	18,57	–1,31
Томь	Томск	33,71	33,38	33,05	–0,33
Чулым	Батурино	24,74	24,64	24,54	–0,10
Кеть	Максимкин Яр	7,65	7,67	7,69	0,02
Васюган	Васюган	5,04	5,05	5,05	0,00
Васюган	Новый Васюган	2,76	2,84	2,92	0,08
Тым	Напас	6,20	6,24	6,28	0,04
Иртыш	Новая Станица	25,16	26,20	27,25	1,05
Иртыш	Омск	27,42	27,19	26,96	–0,23
Иртыш	Екатерининское	30,91	33,58	36,25	2,67
Иртыш	Усть-Ишим	34,90	33,54	32,18	–1,36
Иртыш	Тобольск	67,02	66,81	67,70	–0,21
Иртыш	Ханты-Мансийск	92,58	96,62	100,66	4,04
Демьянка	Юрты Лимкоевский	5,71	6,02	6,32	0,31
Конда	Болчары	10,38	10,63	10,88	0,25
Конда	Алтай	11,20	11,57	11,93	0,36
Сосьва	Сосьва	4,22	4,30	4,38	0,08
Тура	Тюмень	6,62	6,79	6,96	0,17
Тобол	Липовка	26,54	26,79	27,03	0,25

Водность р. Томи – основного правобережного притока р. Обь от Новосибирска до Колпашево – в последующие годы будет уменьшаться. В створе г. Томска динамика нормы стока будет выглядеть следующим образом: в 2010 г. – $Q_0 = 1069,03 \text{ м}^3/\text{с}$; в 2020 г. – $Q_0 = 1058,45 \text{ м}^3/\text{с}$ (–0,99 %); в 2030 г. – $Q_0 = 1047,87 \text{ м}^3/\text{с}$ (–1,98 %). В створе р. Обь – с. Колпашево сокращение стока связано с падением водности Томи и со строительством Новосибирского гидроузла. Прогнозируемое уменьшение нормы стока в абсолютных значениях составит: для 2020 г. – $59,52 \text{ м}^3/\text{с}$, для 2030 г. – $119,03 \text{ м}^3/\text{с}$, или 1,53 % и 3,07 %, соответственно.

В таблице 2 для сравнения приведены прогнозы для некоторых рек, выполненные по линейному тренду среднегодовых расходов (метод 1), и прогнозы с использованием линейного тренда средних значений удлиняющихся рядов зоны стабилизации (метод 2). Оба прогноза верно отражают суще-

ствующие тенденции (знак тренда). Расчетное значение норм стока по методу 1 в конце периода наблюдений $Q_0^T(\text{Тк})$ ближе к значению нормы стока, рассчитанной за этот период наблюдений Q_0 . В целом обнаруживаемые тенденции для данных рек за 10 лет не превышают 1 % от нормы стока предыдущего десятилетия. Объем водных ресурсов основных рек Обь-Иртышского бассейна и прогнозы их значений к 2020 и 2030 гг. представлены в таблице 3.

Выводы

В условиях изменения климата у рек Средней и Верхней Оби имеется слабая тенденция как к увеличению, так и к уменьшению водности. У основных рек Обь-Иртышского бассейна скорость изменения объема стока лежит в пределах от –1,88 до +4,04 км³/год за 10 лет. В бассейне Иртыша и Оби увеличение стока обычно характерно для притоков с залесенными и заболоченными водосборами.

Исследование выполнялось в рамках проекта № 0383-2016-0002 «Изучение гидрологических и гидрофизических процессов в водных объектах и на водосборах Сибири и их математическое моделирование для решения имитационных и прогностических задач водопользования и охраны водных ресурсов».

Список литературы

1. Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Институт глобального климата и экологии ФС по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и РАН; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – М., Ижевск: ВНИИГМИ-МЦД, 2014. – 1009 с.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – М.: ЗАО «Группа Мо-ре». – 59 с.
3. Алтайский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Западно-Сибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [Электронный ресурс]. – URL: <http://meteo22.ru/>.
4. Информационная система по водным ресурсам и водному хозяйству рек России / Центр регистра и кадастра [Электронный ресурс]. – URL: <http://gis.vodinfo.ru/>.
5. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Том II. Последствия изменений климата / Институт глобального климата и экологии ФС по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и РАН; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – М: ВНИИГМИ-МЦД, 2008. – 288 с.
6. Современное состояние водных ресурсов и функционирование водохозяйственного комплекса бассейна Оби и Иртыша / отв. ред. Винокуров Ю.И., Пузанов А.В., Безматерных Д.М. [и др.]. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2012. – 242 с.

7 Винокуров Ю.И., Галахов В.П., Голубева А.Б., Зиновьев А.Т., Красноярова Б.А., Кошелева Е.Д., Ловцкая О.В., Платонова С.Г., Резников В.Ф., Рыбкина И.Д., Сизов О.С., Скрипко В.В., Стоящева Н.В. Экологические риски в трансграничном бассейне реки Иртыш. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 133 с.

8. Кошелева Е.Д. Оценка динамики норм стока рек западной Сибири при достаточности данных наблюдений: подходы, методы, расчеты, прогнозы // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 1(38) – С. 331-336.

References

1. Vtoroy otsenochny doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossyskoy Federatsii / Institut globalnogo klimata i ekologii FS po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy i RAN; Federalnaya sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy. – M., Izhevsk: VNIIGMI-MTsD, tipografiya im. Permyakova S.A., 2014. – 1009 s.

2. Vtoroy otsenochny doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossyskoy Federatsii. Obshcheye rezyume. – M.: ZAO «Gruppa More». – 59 s.

3. Altaysky tsentr po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy – filial Federalnogo gosudarstvennogo byudzhethnogo uchrezhdeniya «Zapadno-Sibirskoye upravleniye po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy» [Elektronnyy resurs]. – URL: <http://meteo22.ru/>.

4. Informatsionnaya sistema po vodnym resursam i vodnomu khozyaystvu rek Rossii / Tsentr registra i kadastra [Elektronnyy resurs]. – URL: <http://gis.vodinfo.ru/>.

5. Otsenochny doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossyskoy Federatsii. Tom II. Posledstviya izmeneniy klimata / Institut globalnogo klimata i ekologii FS po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy i RAN; Federalnaya sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy – M: VNIIGMI-MTsD, 2008. – 288 s.

6. Sovremennoye sostoyaniye vodnykh resursov i funktsionirovaniye vodokhozyaystvennogo kompleksa basseyna Obi i Irtysha / otv. red. Vinokurov Yu.I., Puzanov A.V., Bezmaternykh D.M. [i dr.]. – Novosibirsk: Izdatelstvo SO RAN, 2012. – 242 s.

7 Vinokurov Yu.I. Galakhov V.P., Golubeva A.B., Zinoviev A.T., Krasnoyarova B.A., Kosheleva Ye.D., Lovtskaya O.V., Platonova S.G., Reznikov V.F., Rybkina I.D., Sizov O.S., Skripko V.V., Stoyashcheva N.V. Ekologicheskiye riski v transgranichnom basseyne reki Irtysh. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2013. – 133 s.

8. Kosheleva Ye.D. Otsenka dinamiki norm stoka rek zapadnoy Sibiri pri dostatochnosti dannykh nablyudeny: podkhody, metody, raschety, prognozy // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. – 2013. – № 1(38) – S. 331-336.

ANALYSIS OF CHANGES IN WATER CHANGE OF THE OB-IRTYSH

BASIN RIVER FOR THE CAUSE OF CLIMATE CHANGE

E.D. Kosheleva^{1,2}, A.T. Zinoviev¹

¹ Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, E-mail: zinoviev@iwep.ru, edk@iwep.ru

² Altai State Agricultural University, Barnaul, E-mail: kosheleva.asau@yandex.ru

The Research objective is studying of changes of a drain of the Ob-Irtysh Rivers of the pool in new climatic conditions of the last decades. To solve this problem, a statistical analysis of discharge data series on rivers in the area under study were made. Using the results of statistical analysis of data series of average annual discharges for major rivers in the south of West Siberia the linear trends were calculated. The change in annual discharges for the last decades was estimated. The discharge forecast for the following 10-20 years was given.

Key words: observation, flow rate, average annual river flow, trend, fractional quadratic standard error, forecast, climate change, river, Ob-Irtysh basin.

Received September 3, 2017