

M. Nastiuk, V. Manukalo, N. Ivanova, T. Negadailova, N. Samoylenko

Experience of using the modern technology of hydrometric measurements in the Hydrometeorological Service of Ukraine

Results of introducing and operating the automatic hydro-meteorological stations and the ultrasonic water discharges meter in the Chernivtsi Regional Centre on Hydrometeorology

have been summarized. Possibilities of new technologies, their, advantages and problems connected with their use have been considered. Recommendations on taking into account the obtained experience in the further technological modernization of hydrological observation network of the Hydrometeorological Service of Ukraine have been given.

Keywords: hydrometric measurements, new technical devices, experience of using.

УДК 551.556.579

В.Г. Маргарян

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК В РЕГИОНЕ АГСТЕВ – ТАВУШ

В работе исследован и оценен термический режим рек в районе Агстев – Тавуш. В результате анализа фактических данных многолетних наблюдений за гидрометеорологическими элементами выявлены закономерности пространственно-временного распределения термического режима речной воды

Ключевые слова: суточный и годовой ход, высота местности, вертикальный градиент, даты перехода температуры воды через 0,2 и 10 °С весной и осенью, динамика изменения температуры воды, прогноз.

Введение

Термический режим рек формируется главным образом под влиянием солнечной радиации и теплообмена с воздухом. Нагревание и охлаждение воды в реках и озерах происходит под влиянием теплообмена, совершающегося между массой воды и окружающей ее средой, выражением чего является тепловой баланс участка реки. Следовательно, термический режим рек формируется, с одной стороны, между водой и окружающей средой, а с другой стороны – благодаря теплообмену между руслом и дном. Процесс обмена теплом водной массы с окружающей средой происходит по границе раздела воды с атмосферой и грунтами.

Перенос тепла от поверхности раздела в толщу водной массы осуществляется механизмом турбулентного перемешивания. Некоторую роль в распространении тепла вглубь, помимо перемешивания, особенно в озерах и застойных участках рек, играет непосредственное проникновение солнечной энергии в воду. Таким путем в зависимости от мутности и цвета воды на глубину 1 м проникает от 1 до 30 %, а на глубину 5 м – от 0 до 5 % падающей на поверхность воды лучистой энергии [10].

Значение температуры воды в реках и водоемах, а также вертикальное и горизонтальное

распределение температуры очень важно для решения ряда прикладных задач, связанных с определением таких важных составляющих теплового баланса, как испарение, теплообмен водной поверхности с атмосферой, теплообмен в водной массе, излучение поверхности и др. Определение температуры воды приобретает большое значение в связи с тем, что количество воды, подаваемое для водоснабжения этих объектов, в значительной степени зависит от ее температуры. Чем выше она, тем больше должен быть расход воды.

Учитывая вышеуказанное, в работе поставлена **цель** – изучить и оценить термический режим региона Агстев-Тавуш, закономерности пространственно-временного распределения температуры воды рек региона. Решены такие задачи: сбор, обработка и анализ результатов фактических наблюдений температуры воды рек, анализ особенностей ее пространственно-временного распределения.

Материалы и методы

Изучению термического режима рек региона уделялось недостаточно внимания [1-2].

В работе использованы с фонда Армгидромета такие данные:

- средние месячные величины температуры

почвы и воздуха метеостанций, упругости водяного пара, относительной влажности и атмосферных осадков (1935–2010 гг.);

- результаты фактических наблюдений температуры воды рек (1934–2010 гг.);
- средние месячные величины стока воды рек (1935–2010 гг.).

Надо отметить, что метеорологическая освоенность территории недостаточна, в особенности по высоте местности. Так, в настоящее время действуют 3 метеорологические станции (Иджеван, Дилижан, Чамбарак) и 5 постов (Киранц, Цахкаван, Гетаовит, Берд, Фиолетово). Последние в основном расположены на высоте от 700 до 1200 м, а водный режим рек формируется в основном в зоне от 1500 до 2200 м. Единственный высокий пост Фиолетово (1707 м), где проводятся наблюдения только за осадками, и метеостанция Чамбарак – на высоте 1835 м. Выше 2000 м наблюдений нет.

Начало систематических наблюдений за температурой воды рек изучаемой территории (рис. 1) относится к тридцатым годам XX столетия. Первые наблюдения за температурой речных вод были начаты в 1934 г. на р. Агстев у п. Дилижан и Иджеван, а в 1937 г. на р. Гетик близ устья. В последующие годы количество пунктов с наблюдениями постепенно увеличивалось, в 1945 г. их было 4, в 1946 г. – 7. А в 60-е годы – уже 14-16. Это количество сохранилось и в 70-е годы. Максимальное их количество (17) было в 1979–81 гг. В 1982–87 гг. действовало 16 водомерных постов. Начиная с 1988 года, в связи с экономическим кризисом, постепенно уменьшилось их количество. В настоящее время наблюдения проводят на 8 постах (табл. 1).

Таким образом, в регионе наблюдения за температурой воды проводились на 19 водомерных постах (табл. 2). Помимо сети Гидрометеорологической службы на территории Агстев-Тавуш в различные периоды времени действовали станции, принадлежащие различным ведомствам.

Так как на термический режим рек существенное влияние

оказывает фактор вертикальной зональности, то важно знать, насколько обеспечены отдельные высотные зоны пунктами наблюдений. По изучаемой территории эти посты распределены неравномерно. Наибольшее количество постов расположено на высоте от 500 до 1000 м (50 % от общего числа пунктов), на высоте от 1000 до 1500 – 30 %, и на высоте от 1500 до 2000 м – 20 % пунктов.

Для характеристики термического режима рек использованы данные по 13 рекам в 19 пунктах с однородным периодом наблюдений (см. табл. 2).

До 1950 г. наблюдения температуры воды проводились в 8 час, а с 1950 г. – в два срока (в 8 и 20 час). Предлагаются новые сроки наблюдений за температурой вод горных рек – в 8 и 18 часов [2].

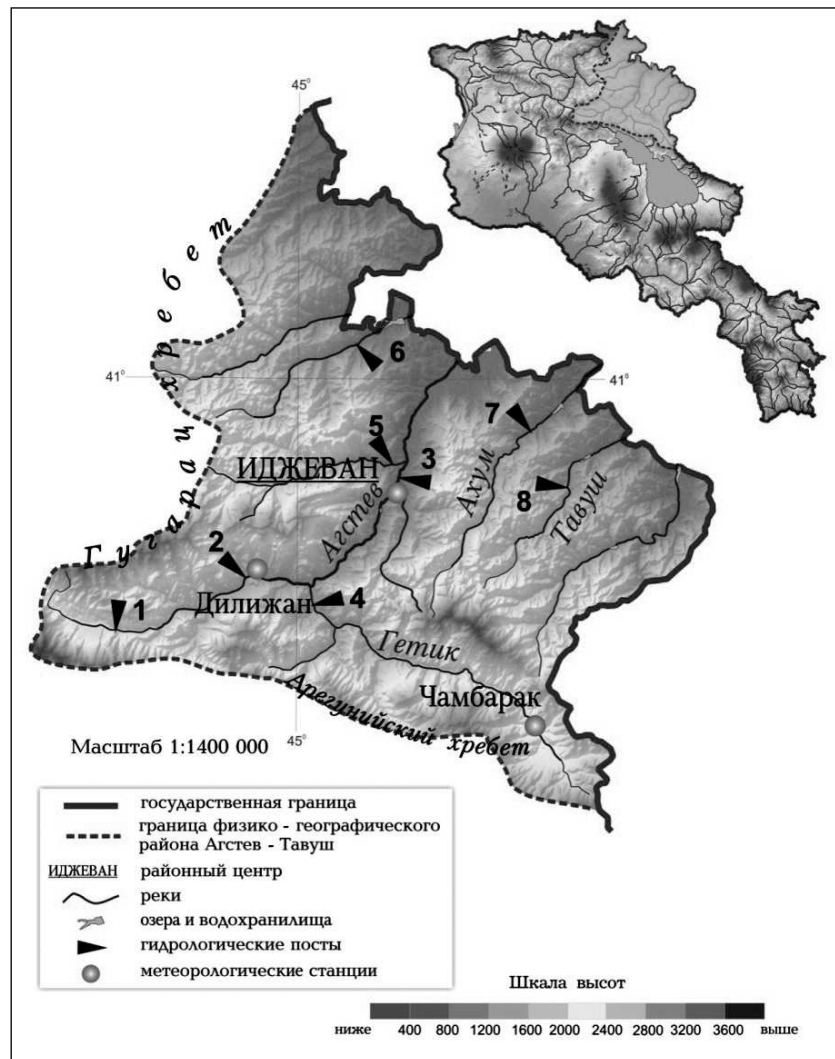


Рис. 1. Карта физико-географического района Агстев–Тавуш
 1) р. Агстев – п. Фиолетово; 2) р. Агстев – п. Дилижан; 3) р. Агстев – п. Иджеван; 4) р. Гетик – п. Гош; 5) р. Пахджур – п. Гетаовит; 6) р. Каракан – п. Киранц; 7) р. Ахум – п. Цахкаван; 8) р. Тавуш – п. Берд

Список метеорологических станций и постов Агстев – Тавуш

Названия	h (м)	Станция	Пост	Дата переноса
Кохб	789	1931-42, 1949-60	1942-49, 1961-66	
Ноемберян	840		1966-2002	
Воскепар	740		1947-93	
Киранц	700		1961-	
Севкар	925	1949-76	1976-91, 1995	
Айгеовит	500	1939-40, 1949-1964/VI	1964/VII-1966/XI	
Цахкаван	820		1947-	
Гетик	1861		1946-64	
Гетаовит	665		1960-	
Берд	934	1934-59	1959-	1958
Берд, ГМС	717	1958-1992, 1998-2002		1968, 70-71 на выс. 1027 м
Иджеван	695	1913-17, 1925-		1935;49;53;56
Айгедзор	742	1949-64	1927-49, 1964-	1955
Дилижан	1256	1914-17, 1923-	1894-1904, 1909	1923, 29
Алачух	1040		1953-1991	
Фиолетово	1707		1929-37, 1976-	
Дпрабак	1190		1927-88	
Чамбарак	1835	1928-	1927-29	1943,55

По данным наблюдений на разных пунктах и реках установлено, что температура воды из года в год колеблется в небольших пределах, поэтому за многолетие она изменяется незначительно. Это позволило при обобщении материалов наблюдений использовать надежные данные за период 1950-2010 гг., не рассматривая данные за годы с разновременными и отрывочными наблюдениями.

Измерения производились, как правило, в створе водомерных постов у берега. Температура измерялась термометрами различной точности. Поправка на неточность шкалы термометра, меняющаяся обычно в пределах 0,1-0,4, не вводилась.

Средние месячные значения температуры воды вычислены из средних декадных значений. Средние декадные значения температуры воды вычислены как средние арифметические из измеренных в 8 и 20 часов с точностью до 0,1.

Исходными материалами для составления таблицы о средних декадных температурах воды служат сведения, опубликованные в гидрологических ежегодниках ОГХ и ЕДС, и сведения о срочных температурах [4-8]. Данные приводятся с точностью до десятых долей градуса (0,1 °C) [3].

Непосредственному заполнению таблицы предшествует предварительная проверка надежности исходных данных путем анализа изменчивости температуры воды по длине рек и по территории выделенных гидрологических районов.

Наибольшие значения температуры выбраны из срочных измерений. На некоторых постах наибольшая годовая температура воды наблюдалась не в декаду с наибольшей средней декадной температурой.

Даты перехода температуры воды через 0,2 и 10 °C весной и осенью установлены по средним суточным значениям.

Для изучения, оценки и анализа пространственно-временного распределения термического режима мы использовали математико-статистический, географический методы, а также методы корреляции, экстраполяции, аналога, анализа, сравнения и сопоставления.

Результаты и обсуждения

На водный режим рек влияет множество факторов: рельеф, гидрогеологическая структура, климат, водность, источники питания, почвенно-растительный покров, а также антропогенная деятельность.

Агстев-Тавуш регион (см. рис. 1) расположен восточнее от вершины водораздела Гугаркских гор до территории Азербайджана. Юг – наиболее высокая часть территории района, которая включает в себя Памбакский и Арегунийский хребты, протягивающиеся по всекавказскому направлению, а также севернее их и параллельно им протягивающиеся горы Алаби и Миапори. Севернее этой зоны распространены горные хребты, имеющие противоположное Кавказу направление, которые и составляют основную часть осталь-

Таблиця 2
Список пунктів гідрологічних спостережень на реках і основні характеристики басейна

№	Река - пункт	Расстояние от устья, км	Расстояние, км		Уклон реки, ‰		Основные характеристики бассейна					Период действия		Период, за который именуются данные наблюдений за температурой воды	
			от истока	от наиболее удаленной точки речной системы	средний	средние взвешенный	площадь, км ²	средняя высота, м	средний уклон, ‰	густота речной сети, км/км ²	лесистость, %	открыта	закрыта		
1	р.Агстев - п. Маргаовит	109					39,0						01.08.1979	31.12.1987	1979-87
2	р.Агстев - п. Фиолетово	96	25	31	69,0	61,3	93,4	2080	273	-	15		01.04.1961	Действ.	1961-
3	р.Агстев - п. Дилижан	89	31	37	52,4	42,2	303	2000	252	-	30		12.02.1928 (11.01.1971)	Действ.	1934-37;39-2007; 2009-
4	р.Агстев - п. Иджеван	54	67	73	32,5	25,1	1270	1800	238	-	26		07.03.1929 (01.05.1970)	Действ.	1934-2007;2009-
5	р. Блдангет - п. Дилижан	0,6	14	14	94,6	81,3	73,5	2060	382	2,33	24		01.01.1960 20.06.1967	30.09.1964 31.12.1987	1960-64;1967-87
6	р. Шамлух - п. Дилижан	0,2	11	11	81,2	78,9	54,8	1880	329	2,22	65		01.06.1959 (17.06.1968)	31.08.1994	1959-94
7	р. Гетик - п. Чамбарак	40 42	16	20	65,9	50,4	94,0 94,0	2100	156	1,77	-		30.06.1944 (15.05.1950)	31.12.2001	1945-93;1995-97; 1999-2001
8	р. Гетик - п. Мартуни	26	32	36	37,1	31,8	205	2080	204	-	-		12.04.59	30.09.1964	1959-64
9	р. Гетик - п. Гош	17	41	45	31,9	30,3	581	1940	290	-	22		29.05.1945	Действ.	1946-54;1956-
10	р. Гетик - п. близ устья	0,04					588						28.09.1933	31.07.1945	1937-45
11	р. Полад - п. Полад	0,1	18	18	88,9	81,2	116	1900	264	-	-		20.06.1967	31.12.1981	1967-81
12	р. Спитаджур - п. Иджеван	0,3	12	12	122	113	22,0	1420	368	2,27	-		22.04.1965	31.08.1992	1966-92
13	р. Налтигет - п. Гандзакар	4,0	16	16	86,2	78,7	73,5	1540	496	1,40	62		01.01.1960	31.12.1996	1960-96
14	р. Пахлжур - п. Гетаовит	0,5	30	30	45,4	42,2	204	1710	287	-	23		01.01.1955 (31.06.1963)	Действ.	1955-
15	р. Воскепар - п. Воскепар	7,5	30	30	44,8	41,7	184	1530	276	-	65		01.09.1945 (01.05.1975)	01.06.1992	1946-92
16	р. Карахан - п. Кйранц	5,5	25	25	51,5	46,9	129	1420	352	-	90		01.02.1959	Действ.	1959-
17	р. Ахум - п. Цахкаван	33 34 39	32	32	71,1	50,1	193 193 169	1650	103	-	<5		01.05.1932 01.01.1939 01.09.1945	24.06.1939 15.04.1942 Действ.	1946-
18	р. Тавуш - п. Берд	46	17	17	57,2	51,8	102	1490	385	-	<5		15.10.1949 (21.08.1963)	Действ.	1950-
19	р. Ахинджа - п. Айтедзор	18	29	29	37,1	55,1	403	1630	334	-	<5		01.01.1944 (01.01.1946)	30.04.1945 01.11.2003	1946-2003

Примечание: Если пост перенесен без увязки наблюдений, то он записан отдельными строками с сохранением гидрографической схемы, т. е. по расстоянию от устья, а не по периоду действия.

ной территории. Это горные хребты Гугарац, Иджеван, Ицакар и др., которые имеют общее субмеридиональное направление, и друг от друга отделены такими же долинами. Приближаясь к северо-восточной границе республики, долины постепенно расширяются, а горные хребты становятся предгорьями [9].

Агстев-Тавуш регион расположен в Вирайоц – Карабахской зоне, где преобладают мезозойные осадочные и вулканические породы. В юго-западной части района распространены вулканические породы эоцена с нормальными осадочными межслоями, которые местами внедрены интрузиями.

Исследуемый район находится в умеренно-влажной зоне Армении. Это теплый и полу-влажный горно-лесной регион. Однако, внутри района наблюдаются различия в поверхности, климате и почвенно-растительном покрове, которые позволяют выделить отдельные подрайоны: северный, южный и долинный.

Для северного подрайона характерен ком-

плекс лесостепей и степей, которые расположены на породах мела и частично на вулканоосадочных породах. В низменных предгорьях этой зоны зима теплая и малоснежная, часто вообще нет снега. Средняя температура в январе составляет $0,0 \div 0,5$ °С, в июле – $20 \div 23$ °С, годовая сумма осадков – $500 \div 600$ мм (табл. 3).

Южный подрайон расположен на высотах $1200 \div 2200$ м и включает 2 крупных комплекса – горнолесной и котловинный. В горнолесной части климатические условия более мягкие, годовая температура воздуха в нижней части около 8 °С, в верхней части – около $3 \div 4$ °С. Зимой, несмотря на высоту местности, холода бывают умеренные: средняя температура в январе составляет соответственно $-3 \div 7$ °С. Лето прохладное (средняя температура июля $14 \div 18$ °С), умеренно жаркое (до 32 °С). Продолжительность периода без заморозков составляет 130–180 дней. Годовое количество атмосферных осадков 600–700 мм, и приблизительно столько же составляет испаряемость территории. В подрайоне преобладающий

Таблица 3

Многолетние средние фактические значения метеорологических элементов на метеорологических станциях Агстев-Тавуш

Метеоролог. станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Температуры воздуха, 0С													
Берд, ГМС	0,5	0,9	4,5	10,5	15,6	19,1	22,3	21,4	17,4	11,6	6,8	2,7	11,1
Иджеван	0,6	1,5	4,6	10,1	14,6	17,9	21,2	21,0	17,0	11,6	6,6	2,6	10,8
Дилижан	-1,5	-1,0	2,2	7,7	12,0	15,2	18,3	18,1	14,3	9,3	4,3	0,4	8,3
Чамбарак	-5,1	-4,5	-1,6	4,4	9,0	11,9	14,5	14,3	11,1	6,5	1,9	-2,8	5,0
Температура почвы, 0С													
Берд, ГМС	-1,0	0,7	5,8	12,8	18,6	23,3	27,8	26,3	20,7	12,6	6,4	1,5	13,0
Иджеван	-0,3	0,8	5,1	11,7	16,9	20,9	25,0	23,7	18,4	11,6	5,7	1,5	11,8
Дилижан	-3,0	-1,6	3,4	11,4	16,6	20,8	25,7	24,5	18,9	11,2	4,2	-1,1	10,9
Чамбарак	-6,0	-6,0	-2,0	7,0	13,0	18,0	21,0	20,0	15,0	8,0	1,0	-6,0	7,0
Упругость водяного пара, гПа													
Берд, ГМС	4,5	4,8	6,3	9,9	13,1	15,6	18,2	17,4	14,7	10,5	7,5	5,3	10,7
Иджеван	4,4	4,7	6,1	8,9	12,4	15,0	17,4	16,7	13,9	10,2	7,2	5,2	10,2
Дилижан	3,5	3,7	4,9	7,3	10,4	13,1	15,8	15,0	12,1	8,4	5,8	4,1	8,7
Чамбарак	3,1	3,1	4,1	5,9	8,3	10,9	13,4	12,8	10,0	7,0	4,9	3,5	7,3
Дефицит насыщения, гПа													
Берд, ГМС	2,20	2,20	2,60	4,10	5,30	7,90	10,0	9,00	6,30	3,90	2,80	2,40	4,90
Иджеван	2,60	2,74	3,12	4,40	4,97	6,98	9,41	9,54	6,41	3,80	2,95	2,85	5,00
Дилижан	2,38	2,52	2,88	3,95	4,05	4,78	6,19	6,19	4,51	3,40	2,90	2,59	3,89
Чамбарак	1,60	1,60	1,90	3,10	3,60	3,80	3,80	4,00	3,90	3,30	2,50	1,80	2,90
Относительная влажность, %													
Берд, ГМС	71	72	75	74	76	71	67	69	73	77	75	73	73
Иджеван	67	69	71	69	75	72	68	68	71	75	73	69	71
Дилижан	63	65	70	72	78	79	77	78	79	78	73	70	73
Чамбарак	68	69	71	69	75	78	80	80	76	74	70	69	73
Атмосферные осадки, мм													
Берд, ГМС	21	27	41	51	71	67	42	30	35	42	28	17	472
Иджеван	22	30	45	63	100	98	58	39	40	47	36	22	600
Дилижан	22	30	45	65	106	103	66	51	46	47	36	22	639
Чамбарак	22	27	41	57	97	94	65	46	43	52	41	23	608

тип лесов – буковые. В горнолесной зоне в виде островов встречаются также дубовые леса, в особенности на южных склонах.

Ландшафты долинного подрайона своеобразны и многообразны. Здесь природный ландшафт значительно изменен человеком, в особенности на дне котловин и прилегающих к ним склонах.

Реки изучаемого района принадлежат бассейну Каспийского моря (река Кура) и имеют смешанное питание. Естественное озеро находится около Дилижана (оз. Парз). Здесь в 1970-1980 гг. были построены такие водохранилища: Джогазское, Ахумское, Тавушское и Иджеванское. Однако надо отметить, что из-за их малого размера и из-за того, что они находятся в нижних течениях рек, не имеют существенного воздействия на температурный режим рек.

В условиях горного рельефа на температуру воды постоянно влияет затенение водной поверхности высокими берегами рек, протекающих в горных ущельях (при крутизне берегов рек около 60° уменьшение прихода тепла путем прямой солнечной радиации составляет 15-20, а при крутизне 90° – 100 % [8]).

Как отмечено выше, температурный режим рек в основном обусловлен теплообменом. Процесс теплообмена существенно изменяется в течение суток и по времени года с изменением метеорологических условий и высоты солнца.

В соответствии с изменением теплового потока и ход температуры воды имеет периодический характер. Днем, весной и летом преобладает возрастание температуры, ночью, осенью и зимой – уменьшение.

Наибольшую роль в нагревании водных потоков играет солнечная радиация. Однако, соотношение между прямой и рассеянной солнечной радиацией, а также величины их поступления на водную поверхность во времени не остаются постоянными и зависят от высоты солнца над горизонтом, облачности, прозрачности атмосферы и др.

В тепловом балансе рассматриваемых рек определенная роль принадлежит также грунтовым водам.

На формирование температурного поля рек значительное влияние оказывает приточность. Это влияние тем существеннее, чем больше расход воды притока и разность температуры воды основной реки и притока.

Особенно существенные изменения в процесс теплообмена вносит появление ледяного и снежного покрова. Поскольку на реках не наблюдаются мощные и устойчивые ледовые образования, приводимую характеристику термического

режима можно отнести к периоду открытой водной поверхности, за исключением водомерных постов Фиолетово реки Агстев и Цахкаван реки Ахум. Последние в ОГХ [7] представлены в форме таблицы А.

Суточный ход температуры воды наиболее четко выражен в теплую часть года. Как правило, суточная амплитуда колебаний температуры воды различна как для разных рек, так и для разных пунктов одной и той же реки. Основные факторы, определяющие амплитуду суточных колебаний температуры воды, – это водность реки, широта местности, метеосостояние погоды.

Наивысшая температура в течение суток на реках наблюдается в 16-18 час, а наименьшая – в 6-7 час. При увеличении водности реки наступление экстремальной температуры воды запаздывает по сравнению с наступлением соответствующей температуры воздуха и почвы. Воды малых рек быстрее воспринимают температуру окружающей среды, быстрее нагреваются и охлаждаются, и время наступления их экстремальной температуры приближается ко времени наступления соответствующих значений температуры воздуха и почвы [8].

Для составления табл. 4 использованы данные о средних декадных температурах воды, вычисленных, как правило, по материалам наблюдений в 8 и 20 часов.

В верховьях рек температура воды определяется в основном источниками питания. Вниз по течению это влияние ослабевает, и термический режим воды под воздействием климатических условий данной территории приобретает соответствующий характер. Изменение температуры воды по длине реки более интенсивно происходит в летние месяцы, когда разница между температурой воды в верхних и нижних пунктах достигает $4-5^\circ\text{C}$. Наоборот, в зимние месяцы повышение температуры воды вниз по течению происходит медленно и разность температуры воды не превышает $2-3^\circ\text{C}$ (рис. 2). Но, можно отметить, что ниже по течению реки может быть нарушена закономерность увеличения температуры воды. Причина – впадающие в нее притоки и обилие грунтовых вод, которые вызывают резкое охлаждение или повышение температуры воды.

Сравнением результатов наблюдений на реках с различными источниками питания установлено, что реки с ледниковым питанием отличаются наиболее низкой температурой, температура воды этих рек в теплый период года не превышает $10-11^\circ\text{C}$ [8]. Более высокие значения температуры воды у рек с дождевым питанием

Таблица 4
Фактические средние месячные значения температуры воды (° С) рек региона Агстев-Тавуш

Река - пункт	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
р. Агстев – п. Маргаовит	0,58	0,32	1,00	3,55	6,69	11,4	15,2	15,3	11,8	7,06	2,64	0,61
р. Агстев – п. Фиолетово	0,30	0,35	1,33	3,94	7,63	11,5	14,5	15,1	11,8	7,08	2,97	0,83
р. Агстев – п. Дилижан	0,63	0,83	2,32	5,60	9,33	13,3	16,2	16,5	13,4	8,85	4,05	1,27
р. Агстев – п. Иджеван	1,37	1,85	4,48	8,27	12,3	16,2	19,3	19,4	16,1	11,4	6,14	2,56
р. Блдангет – п. Дилижан	0,10 (21%)	0,27 (25%)	1,62	5,09	9,21	12,8	15,8	15,7	12,5 (46%)	8,73 (14%)	3,90 (14%)	0,70 (14%)
р. Шамлух – п. Дилижан	0,34	0,58	2,20	5,80	9,42	12,9	16,2	16,2	13,3	8,45	3,82	0,96
р. Гетик – п. Чамбарак	0,12 (21%)	0,05 (21%)	0,77 (75%)	3,62	7,88	12,4	15,0	14,6	11,0	5,88 (38%)	2,41 (35%)	0,45 (23%)
р. Гетик – п. Гош	0,74	1,11	3,49	7,50	11,3	15,3	18,3	17,9	14,8	9,84	4,81	1,95
р. Полад – п. Полад	-	-	2,84	6,81	10,6	15,0	17,8	17,1	13,5 (53%)	-	-	-
р. Спитаkdжур – п. Иджеван	-	-	3,70 (52%)	8,58	11,6	14,5	16,7	16,1 (52%)	14,1 (26%)	-	-	-
р. Налтигет – п. Гандзакар	1,13	1,39	2,52	5,27	9,35	13,5	16,9	17,4	15,2	10,6	5,18	2,36
р. Пахджур – п. Гетаовит	1,61	2,04	3,79	7,67	11,6	14,8	17,5	17,5	14,6	10,1	5,55	2,62
р. Воскепар – п. Воскепар	1,51	1,70	2,97	7,16	11,6	14,6	17,4	17,4	14,5	9,86	5,25	2,31
р. Карахан – п. Киранц	0,50	0,73	2,76	7,40	11,3	14,2	17,0	17,2	14,5	9,91	4,99	1,54
р. Ахум – п. Цахкван	0,64	0,84	2,55	6,70	10,5	14,2	16,9	17,1	14,2	9,25	4,48	1,51
р. Тавуш – п. Берд	1,15	1,33	2,59	6,77	11,0	14,7	17,7	17,8	14,0	9,61	5,01	2,10
р. Ахинджа – п. Айгедзор	0,77	1,05	3,26	7,76	11,9	15,4	18,1	18,2	15,7	10,6	5,35	1,78

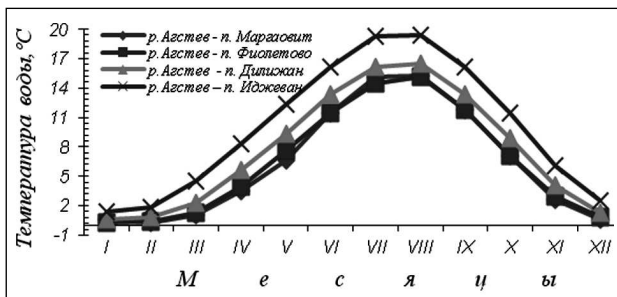


Рис. 2. Годовой ход температуры воды в пунктах реки Агстев

(20-22 °С). В процессе изучения выяснилось, что у рек района значения температуры воды в теплый период года не превышают 23-25 °С.

Наибольшая средняя месячная температура воды почти на всех реках территории наблюдается преимущественно в июле-августе. При этом на реках, протекающих в зоне средних высот, средняя месячная температура воды колеблется в пределах 15-20, а в предгорных районах увеличивается и достигает до 25-30 °С.

Наименьшая средняя месячная температура воды на всех реках отмечается в конце января и начале февраля. Наинизшие значения средней месячной температуры наблюдаются в верховьях, с уменьшением высоты местности средняя месячная температура воды возрастает. Так, например, если у п. Фиолетова на р. Агстев средняя

месячная температура воды равна 0,3 °С, то у п. Дилижана она равна 0,6, а у п. Иджевана достигает 1,4 °С.

В высокогорной зоне, т. е. вблизи истоков, речные воды холодные, вниз по течению быстро прогреваются, а температура достигает наибольших значений в устьевых участках. Вниз по течению рек прослеживается увеличение разницы между крайними значениями средних месячных температур вод. Так, например, для р. Агстев у п. Фиолетово (96 км от устья) средняя годовая амплитуда температуры воды составляет 14,8 °С, а у п. Иджевана (54-й км) – 18,0 °С.

Величина годовой амплитуды температуры воды рек составляет в среднем 12-17 °С и увеличивается от истока к устью реки.

Реки исследуемой территории имеют общую тенденцию к повышению температуры воды вниз по течению, так как реки постепенно проникают в области с более теплым климатом.

На некоторых реках, как отмечалось выше, наблюдается обратное явление, т. е. понижение температуры воды вниз по течению. Это объясняется различными причинами и, главным образом, впадением притоков с иным характером термического режима вод. Немаловажное значение для термического режима горных рек имеют выходы подземных вод, температура ко-

торых отличается постоянством в течение года и оказывает соответственное влияние на термическое состояние речных вод. При этом влияние подземных вод тем существеннее, чем больше их сток.

В теплое время года температура воды рек повсеместно ниже температуры воздуха (рис. 3). Однако, этот период не одинаков для разных рек и зависит от высотного положения того или иного водосбора. Реки характеризуются положительными разностями $t_{\text{вода}} - t_{\text{возд}}$ в холодное время и отрицательными – в теплое, отношение температуры вод к температуре воздуха превышает 0,7.

Сравнительно с температурой воздуха и почвы, которая весной начинает быстро повышаться, нарастание температуры воды происходит менее интенсивно. Далее, следуя ходу температуры воздуха, температура воды понижается и после установления устойчивой отрицательной температуры воздуха местами достигает нуля. Осенью охлаждение речных вод происходит значительно медленнее по сравнению с понижением температуры воздуха и почвы.

Интенсивность повышения температуры воды весной или охлаждения воды осенью в различных высотных зонах разная: в более высоких зонах водосбора интенсивность нагрева речных вод весной значительно меньше, чем в низележащих зонах, и, наоборот, осенью охлаждение воды в реках в высоких зонах проходит интенсивнее, чем в нижних частях бассейнов.

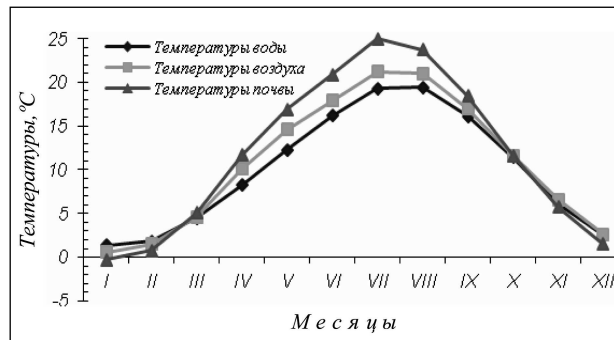


Рис. 3. Годовой ход температуры воды, воздуха и почвы на р. Агстев у п. Изжеван

Средняя годовая температура воды, как и средняя месячная, также неодинакова у разных рек и зависит от высоты местности и типа питания рек. Средняя многолетняя годовая температура воды рек территории колеблется в пределах от 6,0 до 10,0 °С (табл. 5).

Температура воды притоков Агстев-Тавуш, как обычно для рек, текущих в горных условиях, связана с высотой местности. На рис. 4 показана графическая связь между средней годовой температурой воды и высотой пункта наблюдений. Как видно, на высокогорных участках горных рек температура воды всегда ниже, чем на предгорных и равнинных участках.

Аналогично изменению средней годовой температуры воды закономерность изменения средней месячной температуры воды также подчиняется вертикальной зональности.

Таблица 5

Характерные значения температуры воды рек в регионе Агстев-Тавуш

Река - пункт	Температура воды за период наблюдений				Переход температуры воды через 0,2 и 10°С			
	максимальная	средняя			весной		осенью	
		за год	за теплый период (V-X)	за холодный период (XI-IV)	0,2	10	10	0,2
р. Агстев - п. Маргаовит	24,0	6,35	11,2	1,35	04.04	10.06	03.10	08.12
р. Агстев - п. Фиолетово	32,0	6,44	11,3	1,57	19.03	11.06	09.10	09.12
р. Агстев - п. Дилижан	26,0	7,69	12,9	2,35	27.02	27.05	16.10	12.12
р. Агстев - п. Иджеван	29,0	10,0	15,8	3,88	19.02	01.05	02.11	-
р. Блдангет - п. Дилижан	27,7	7,20	12,5	1,93	-	27.05	-	-
р. Шамлух - п. Дилижан	24,8	7,52	12,7	2,23	02.03	27.05	11.10	14.12
р. Гетик - п. Чамбарак	27,4	6,18	11,1	1,22	18.03	03.06	06.10	-
р. Гетик - п. Гош	29,2	8,91	14,6	3,14	02.03	11.05	23.10	-
р. Полад - п. Полад	27,8	-	-	-	-	-	-	-
р. Спитакджур - п. Иджеван	24,5	-	-	-	-	06.05	-	-
р. Налтигет - п. Гандзакар	26,2	8,40	13,8	2,79	-	31.05	21.10	-
р. Пахджур - п. Гетаовит	26,4	9,10	14,4	3,61	15.02	09.05	22.10	-
р. Воскепар - п. Воскепар	29,2	8,86	14,2	3,23	-	04.05	22.10	-
р. Карахан - п. Киранц	28,0	8,50	14,0	2,90	02.02	13.05	22.10	-
р. Ахум - п. Цахкаван	29,0	8,24	13,7	2,68	24.02	19.05	15.10	-
р. Тавуш - п. Берд	31,9	8,65	14,1	2,97	27.02	15.05	23.10	-
р. Ахинджа-п. Айгедзор	29,0	9,16	15,0	3,20	22.02	02.05	25.10	20.12

Приведенные на рис. 4 связи $\bar{t} = f(H)$ иллюстрируют закономерность уменьшения температуры воды с высотой местности аналогично уменьшению температуры воздуха и поверхности почвы. С помощью этих связей можно по известной высоте пункта над уровнем моря определить значение средней годовой температуры воды на реке в этом пункте.

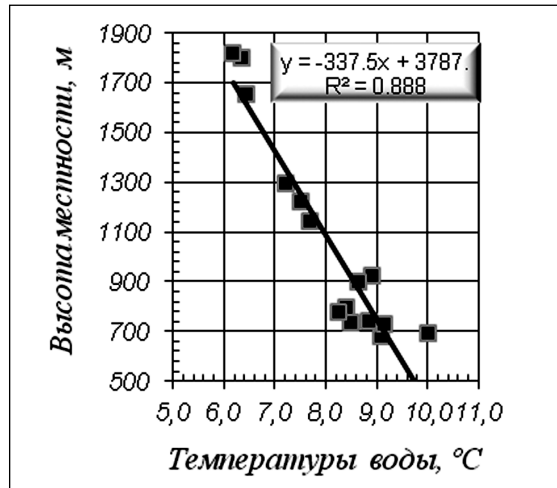


Рис. 4. Зависимость средней годовой температуры речной воды от высоты

Пользуясь этой кривой, составлена табл. 6. В таблице представлены средние месячные значения температуры воды для каждой 200-метровой зоны высот. Для промежуточных высот значение температуры воды определяется по интерполяции. О точности такого расчета можно судить по абсолютным и относительным отклонениям точек от средней кривой.

Таблица 6

Средние годовые значения температуры воды рек по высотным зонам в регионе Агстев-Тавуш

Высота, м	600	800	1000	1200	1400	1600
Температура воды, °C	9,67	9,27	8,87	8,47	8,07	7,67
Высота, м	1800	2000	2200	2400	2600	2800
Температура воды, °C	7,27	6,87	6,47	6,07	5,67	5,27

Получена тесная корреляционная связь между годовыми значениями температур воды и воздуха. Связь между средними годовыми значениями температуры воды и воздуха выражается в виде кривой, изображенной на рис. 5. Сведения о температуре воздуха при этом берутся по данным метеостанции, расположенной примерно на той же высоте в ближайшем районе. Как правило, с

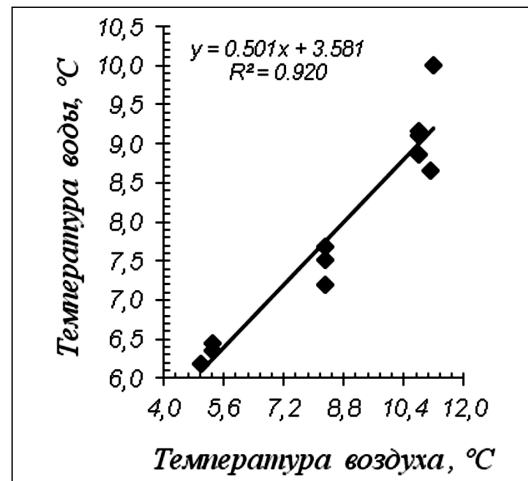


Рис. 5. Связь между температурой воды и воздуха

ростом температуры воздуха наблюдается рост температуры воды.

Нами также изучены зависимости температуры воды от относительной влажности воздуха, дефицита насыщения воздуха, поверхностной температуры почвы, атмосферных осадков. Однако, в связи с ограниченной возможностью представления работы, отметим, что между атмосферными осадками и температурой воды получена обратная пропорциональная зависимость, то есть при увеличении осадков наблюдалось понижение температуры воды и наоборот.

В работе сделана попытка дать месячный прогноз температуры воды, ссылаясь на значения предыдущего месяца (рис. 6).

Получен весьма хороший результат: в табл. 7 даны уравнения полученных корреляционных связей и коэффициенты корреляции.

При изучении термического режима рек значительный интерес представляют сроки перехода речной воды через $0,2^\circ\text{C}$ и через 10°C , что важно для развития фитопланктона. Переход температуры воды через 10°C осенью означает прекращение развития водной растительности и ее отмирание.

Весной при достижении и превышении этой температуры происходит быстрый нагрев водной массы, что создает благоприятные условия для развития водной растительности. Продолжительность периода с температурой воды 10°C и выше является показателем длительности вегетационного сезона для водной растительности.

Как видно (табл. 5), на реках этой территории не всегда и не везде наблюдаются эти характерные значения температуры воды. Наступление температуры воды $0,2^\circ\text{C}$ весной наблюдается в конце февраля в нижних течениях рек. По мере повышения высоты местности переход темпера-

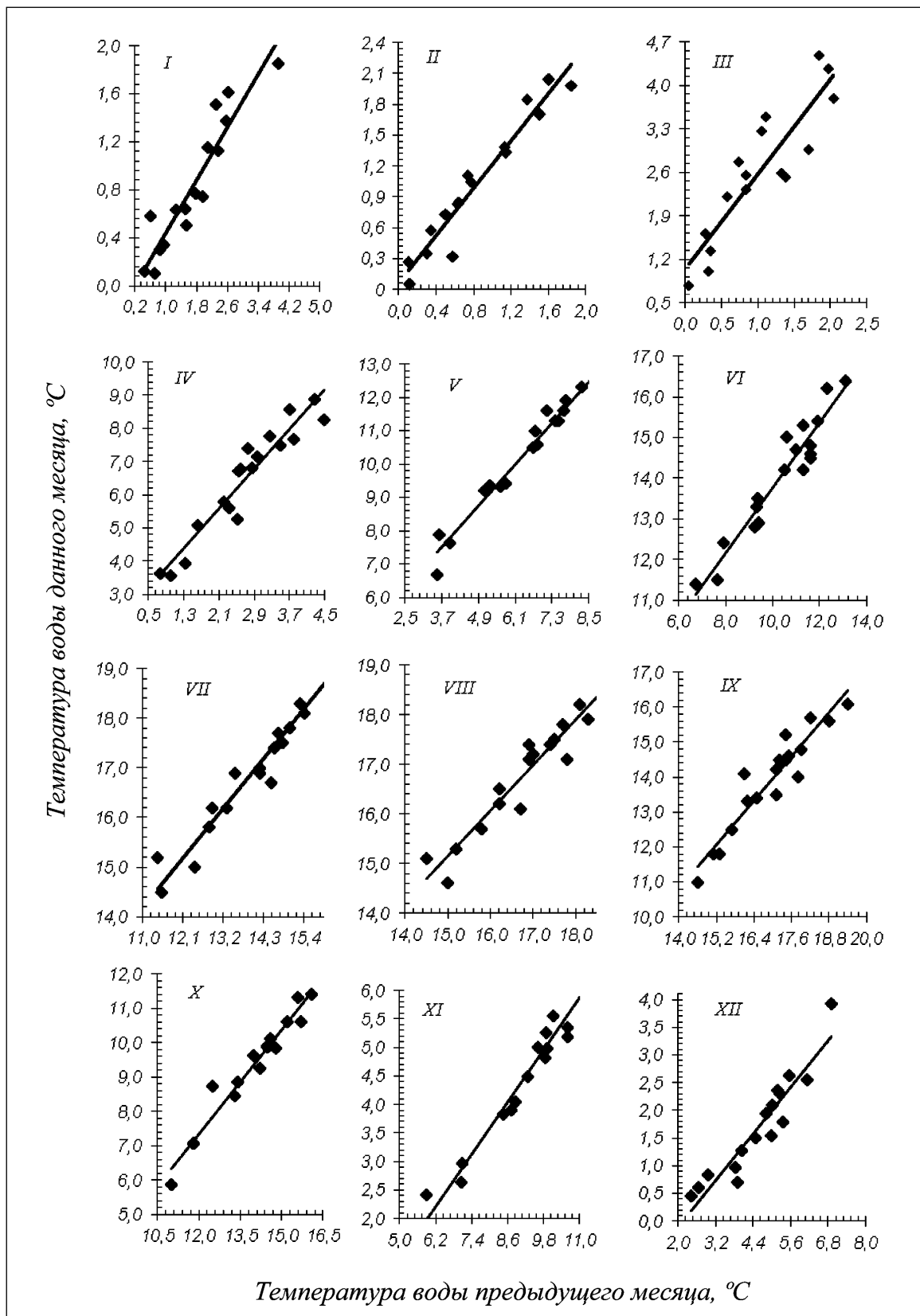


Рис. 6. Корреляционная связь между значениями температуры воды предыдущего и данного месяцев в регионе Агстев-Тавуш

Уравнения корреляционных связей и значения коэффициентов корреляции согласно рис. 6 (индексы обозначают месяцы)

Месяцы	Уравнения связей	Коэффициенты корреляции	Месяцы	Уравнения связей	Коэффициенты корреляции
Январь	$t_I = 0,55t_{XII} - 0,11$	0,94	Июль	$t_{VII} = 0,91t_{VI} + 4,23$	0,97
Февраль	$t_{II} = 1,14t_I + 0,07$	0,97	Август	$t_{VIII} = 0,91t_{VII} + 1,44$	0,96
Март	$t_{III} = 1,52t_{II} + 1,06$	0,89	Сентябрь	$t_{IX} = 1,05t_{VIII} - 3,87$	0,94
Апрель	$t_{IV} = 1,50t_{III} + 2,43$	0,95	Октябрь	$t_X = 1,00t_{IX} - 4,69$	0,97
Май	$t_V = 1,03t_{IV} + 3,70$	0,98	Ноябрь	$t_{XI} = 0,77t_X - 2,54$	0,97
Июнь	$t_{VI} = 0,80t_V + 5,78$	0,96	Декабрь	$t_{XII} = 0,70t_{XI} - 1,51$	0,94

туры воды через $0,2^\circ\text{C}$ происходит позже, чем в нижних частях, и на высоте 1500-1800 м отмечается с началом марта и апреля (рис. 7).

Осенью значения температуры воды, следуя ходу значения температуры воздуха, по всей длине реки понижаются и к началу зимы достигают $0,2^\circ\text{C}$ (рис. 7). Понижение значения температуры воды до $0,2^\circ\text{C}$ на реках высокогорных районов наблюдается в основном в первой половине декабря. С понижением высоты местности переход температуры воды через $0,2^\circ\text{C}$ отмечается на нижних участках рек в конце декабря.

Переход температуры воды в реках через $0,2^\circ\text{C}$ весной по всему диапазону высот происходит гораздо медленнее, чем осенью, и на реках на это требуется 40-45 дней. Осенью же разница в сроках перехода температуры воды через $0,2^\circ\text{C}$ в верховьях и низовьях составляет 3-5 дня, т. е. на 30-35 дней меньше, чем весной. Это объясняется тем, что весной в реки в большом количестве поступают сильно охлажденные снеговые воды, распространяющиеся далеко вниз по течению и медленно нагревающиеся.

Весной температура воды повышается, к началу лета достигает 10°C . Летом по

всей длине рек превышает 10°C , за исключением отдельных случаев в июне на участках рек, расположенных выше 1300 м. Наиболее ранний переход температуры воды в реках через 10°C весной (в начале мая) происходит в низменных частях территории и на реках бассейна. С повышением высоты местности время перехода запаздывает и на высоте 1700-1800 м наблюдается на реках в первой половине июня. Осенью ранний переход температуры воды через 10°C на реках высокогорных районов наблюдается в начале октября.

В работе изучено динамическое изменение дат перехода температуры воды рек региона через 10°C . Почти на всех водомерных постах наблюдается смещение дат перехода температур воды через 10°C : весной – на более ранние, а осенью – на более поздние сроки (рис. 8). Это значит, что наблюдается рост числа дней с устойчивым переходом через 10°C . Этой закономерности не под-

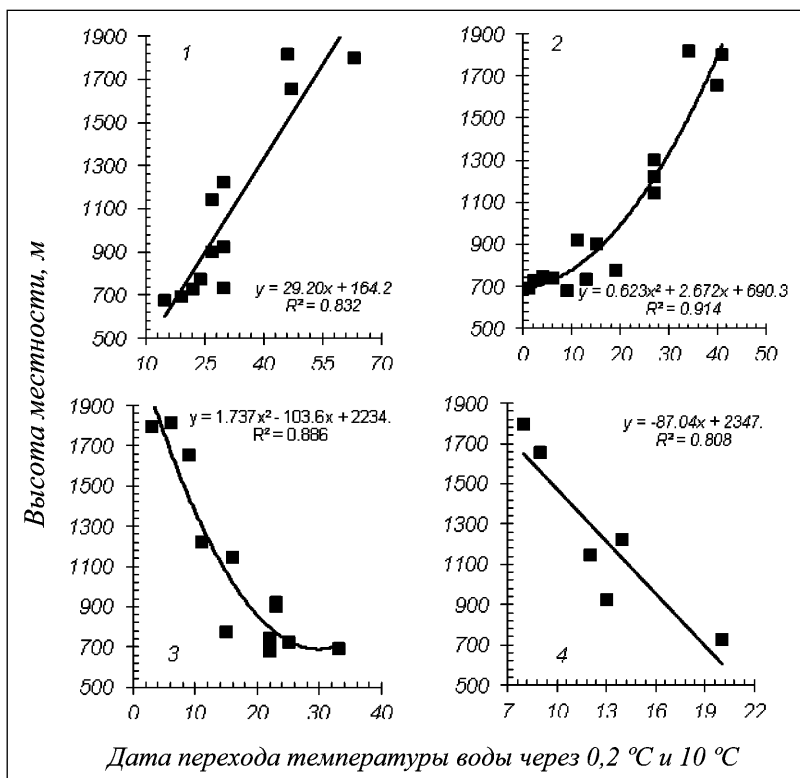


Рис. 7. Зависимость дат перехода температуры воды через $0,2^\circ\text{C}$ (1; 4) и 10°C (2; 3) от высоты местности
Даты даны цифрами: с 1 февраля (1) и с 1 мая (2); с 1 октября (3) и с 1 декабря (4)

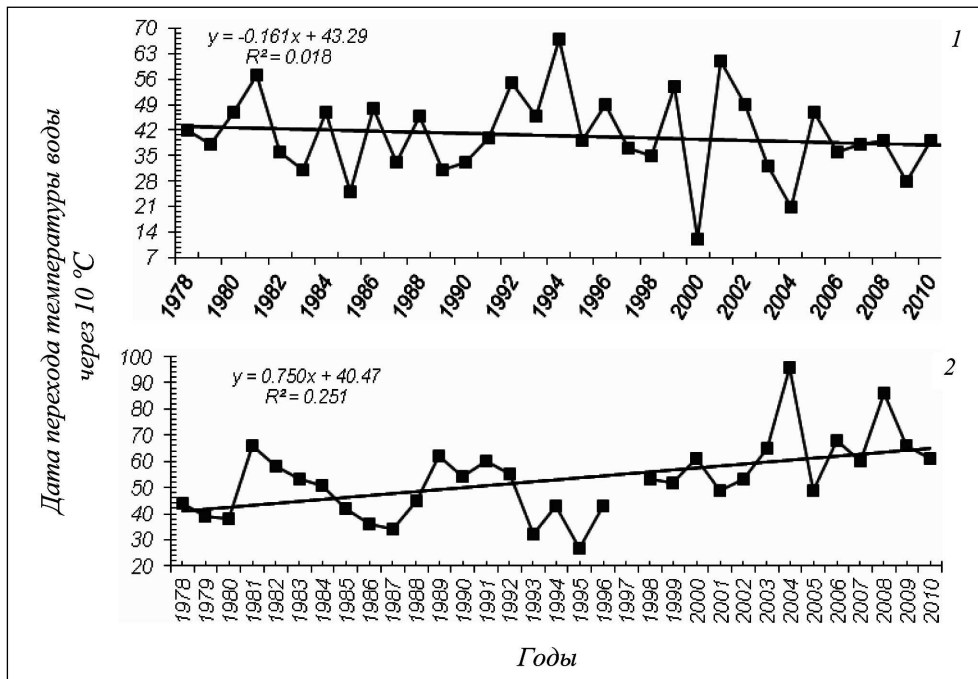


Рис. 8. Динамика перехода дат температуры воды через 10° C весной (1) и осенью (2) по данным водомерного поста Гош на реке Гетик
Даты даны цифрами (весной - с 1 апреля, а осенью - с 1 сентября)

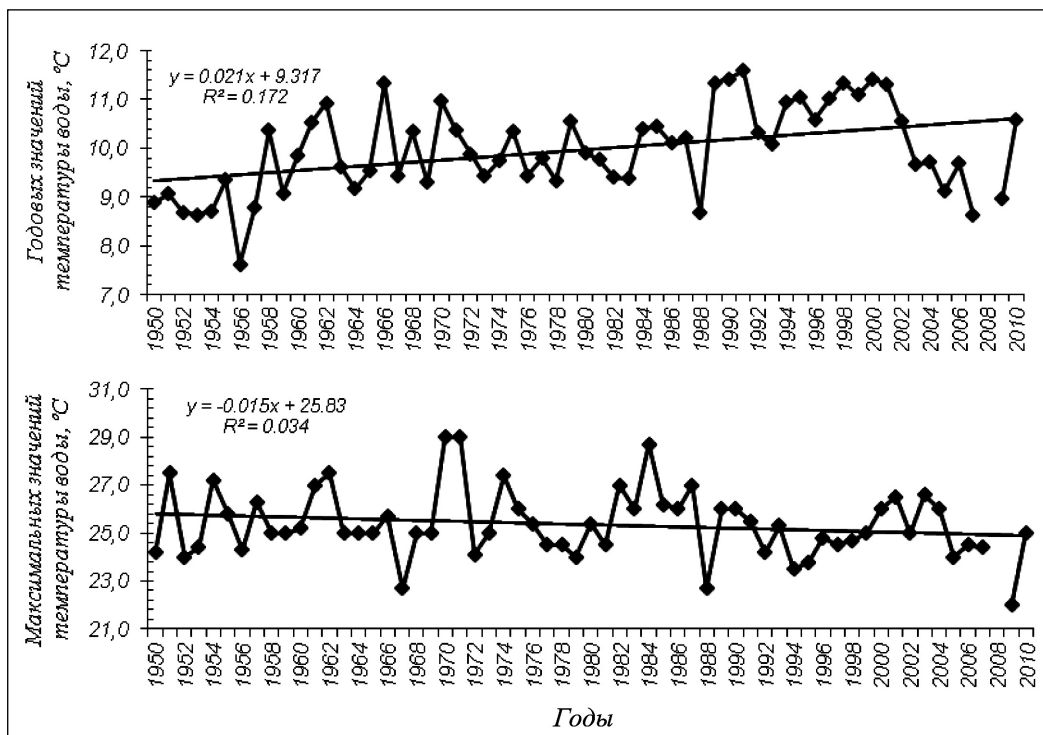


Рис. 9. Изменения годовой и максимальной температуры воды р. Агстев у п. Иджеван

чиняється водомерний пост Цахкаван реки Ахум, где спостерігається протилежна картина.

Нами також вивчені зміни щорічної та максимальної температури води за період 1935-2010 гг. На рис. 9 дані зміни середньорічних та максимальних значень (1950-2010 гг.) темпе-

ратури води по даним поста Иджеван реки Агстев.

На всіх водомерних постах, за виключенням водомерного поста Цахкаван реки Ахум, спостерігається тенденція зростання щорічних значень тем-

пературы воды за период 1950-2010 гг. в пределах 0,5-1,5 °С.

Наоборот, на реках исследуемой территории наблюдается тенденция понижения максимальных значений температуры воды. Исключением являются посты Фиолетово реки Агстев и Берд реки Тавуш.

Динамика вышеуказанных изменений температуры воды рек региона — это результат изменения климата. Свидетельством этого являются динамические исследования температуры воздуха и атмосферных осадков, а также речного стока, сделанные нами. Что касается отклонений от нормы, то можно сказать, что это обусловлено локальными особенностями.

Выводы

Таким образом, годовой ход температуры речных вод в основном отражает годовой ход температуры воздуха и поверхности почвы. Он характеризуется плавным повышением, начиная с февраля-марта, продолжающимся до июля-августа, когда температура воды, воздуха и поверхности почвы достигает максимального значения. Годовой ход температуры воды рек почти повторяет ход упругости водяного пара и дефицита насыщения воздуха, а относительная влажность воздуха и атмосферные осадки почти не влияют на годовой ход температуры воды.

С высотой местности уменьшается температура воды. Градиент изменения средней годовой температуры воды рек на каждые 100 м подъема составляет 0,2 °С.

С ростом температуры воздуха наблюдается рост температуры воды. Этой связью можно пользоваться для прогноза температуры воды, а также для изучения термического режима неизученных районов.

Получено тесную корреляционную связь (коэффициенты корреляции составляют 0,89-0,98) между значениями температуры воды предыдущего и данного месяцев. Эту связь можно использовать для прогнозирования месячной температуры воды.

Средний градиент запаздывания дат перехода температуры воды через 0,2 °С весной в зависимости от высоты равен 3-4 дням на каждые 100 м подъема, а для осени он составляет 1-2 дня. Средний градиент запаздывания дат перехода температуры воды через 10 °С весной в зависимости от высоты равен 3-4 дням на каждые 100 м подъема, а для осени он составляет 2-3 дня.

На исследуемой территории наблюдается рост числа дней с устойчивым переходом через 10 °С, тенденция роста годовых значений темпе-

ратуры воды и, наоборот, тенденция понижения максимальных значений температуры воды рек.

Вышеуказанные динамические изменения обусловлены глобальным изменением климата, а также локальными особенностями.

Для предотвращения или замедления дальнейшего роста температуры воды предлагаем в регионе посадить деревья, а если имеются лесонасаждения, то сохранить их.

* *

1. *Варданян Т.Г., Маргарян В.Г.* Микроклиматообразующее значение Ахурянского водохранилища // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: Тр. междунар. научно-практ. конф. Т. I Управление водными ресурсами. Гидро- и геодинамические процессы. — Пермь. — 2013. — С. 136-142.
2. *Григорян А.Т.* Ледово-термический режим рек Республики Армения (Географические факторы формирования): Автореф. дис... канд. географ. наук. — Ереван. — 1999. — 22 с.
3. Методические указания по ведению Государственного водного кадастра. Р. 1. Поверхностные воды. Вып. 4. Ч. 1. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. — Л.: Гидрометеоздат, 1981. — 80 с.
4. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Основные гидрологические характеристики. Т. 9. Закавказье и Дагестан. Вып. 1. Запад. Закавказье / Под ред. Г.И. Хмаладзе. — Л.: Гидрометеоздат. — 1967. — 460 с.
5. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Основные гидрологические характеристики (за 1963-1970 гг. и весь период наблюдений). Т. 9. Закавказье и Дагестан. Вып. 1, Западное Закавказье / Под ред. Э.Г. Зулиашвили. — Л.: Гидрометеоздат, 1977, 360 с.
6. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Основные гидрологические характеристики (за 1970-1975 гг. и весь период наблюдений). Т. 9. Закавказье и Дагестан. Вып. 1. Запад. Закавказье / Под ред. Э.Г. Зулиашвили. — Л.: Гидрометеоздат, 1978, 300 с.
7. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. XIII, Армянская ССР. — Л.: Гидрометеоздат. — 1987. — 304 с.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 9. Закавказье и Дагестан. Вып. 1, Западное Закавказье / Под ред. Г.И. Хмаладзе. — Л.: Гидрометеоздат, 1969. — 312 с.
9. Физическая география Армянской ССР. — Ер.: АН Армянской ССР, 1971, 470 с.
10. *Чеботарев А.И.* Общая гидрология. — Л.: Гидрометеоздат, 1975, 544 с.

Ереванский государственный университет, г. Ереван, Армения

В.Г. Маргарян

Особливості термічного режиму річок у регіоні Агстев – Тавуш

У роботі досліджено й оцінено термічний режим річок у районі Агстев-Тавуш. У результаті аналізу фактичних даних багаторічних спостережень за гідрометеорологічними елементами виявлено закономірності просторово-часового розподілу термічного режиму річної води.

Ключові слова: добовий і річний хід, висота місцевості, вертикальний градієнт, дати переходу температури води через 0,2 і 10 °С навесні та восени, динаміка зміни температури води, прогноз.

V.G. Margaryan

Peculiarities of thermal regime of rivers in Aghstev-Tavush region

In the work have been studied and appreciated thermal regime of rivers in Agstev–Tavush region. In the result of analysis of long-term observations of actual data of hydro-meteorological elements have been found space-temporal regularities of distribution of thermal regime of river water.

Keywords: daily and annual course, height of area, vertical gradient, dates of water temperature transition through 0,2 and 10 ° C in spring and autumn, dynamics of change of water temperature, forecast.

УДК 556.166

О.В. Кошкіна, Д.В. Глотка

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ В БАСЕЙНІ Р. ДЕСНА З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС

Використання ГІС для відображення континуального розподілу гідрометеорологічних характеристик, особливо в умовах недостатності геоданих, потребує розробки методики інтерполяції саме гідрометеорологічних величин. Розроблено цифрові карти басейну р. Десна на основі обрахованих середньобогаторічних значень характеристик весняного водопілля: суми опадів за період весняного водопілля та максимальних запасів води в сніговому покриві. У першому наближенні узагальнено чинники, що впливають на кінцеву статистичну точність і достовірність інтерполяційної поверхні.

Ключові слова: весняне водопілля, ГІС, методи інтерполяції, карти, геопросторовий аналіз.

Вступ

Об'єкти дослідження в гідрології належать до географічно (просторово) координованих даних (надалі – геодані), у яких через ідентифікатор поєднані координати місцезнаходження (позиційний складник) з їхніми кількісними та якісними атрибутами (непозиційний складник) [1]. Місцезнаходження та атрибути об'єкта також можуть бути змінними в часі (англ. temporal data).

Сучасний ГІС-інструментарій дозволяє на високому науковому рівні оперувати геоданими достатньої якості й точності та створювати неперервні поверхні розподілу Z-параметра (інтерполяційні поверхні) на основі наявних даних (відліків), наприклад, зі стаціонарних станцій. У гідрологічних прогнозах використовуються дані зі стаціонарних метеорологічних станцій та гідрологічних постів. Прогнозування та ста-

тистична обробка кількісних і якісних атрибутів цих даних, без урахування позиційного (геопросторового) складника може стати причиною отримання непередбачуваних результатів, що не можуть бути пояснені без урахування складної взаємодії елементів ландшафту, що і формують континуально-дискретні поверхні та визначаються внутрішньою узгодженістю процесів їхньої взаємодії, а отже й розташування.

Недостатність даних спостережень (розрідженість мережі гідрологічних постів та метеостанцій у межах України, закритість даних та відсутність якісних даних з мереж сусідніх держав), розмаїття методів інтерполяції засобами ГІС (17 методів у розширенні Geostatistical Analyst) різної статистичної достовірності, оптимальних умов їхнього використання та налаштування, відсутність відповідних сучасних теоретично-