

и имеет ширину до 15–20 км. В долине различаются пойма и первая надпойменная терраса.

Пойма Ясельды начинает прослеживаться в двух километрах к западу от д. Трухановичи Пружанского р-на. Отмечаются расширения ее в верховьях до 1,5–2,5 км, а также в низовье, где общая с Припятью пойменная поверхность достигает ширины 10 км. От д. Рогачи до г. Березы пойма сужается до 0,2–1,0 км, на участке между деревнями Жабер–Старомлыны – до 0,2–0,5 км. Высота пойменной террасы над урезом – 0,6–1,5 м. Уступ выражен везде, за исключением участка пересечения озерно-аллювиальной равнины. Поверхность сильно заболоченная. Абсолютные отметки изменяются от 153–156 м в верховьях реки до 132–134 м в ее низовьях.

Первая надпойменная терраса выделяется только в нижнем течении. Прослеживается она от д. Твердовка по левобережью, где имеет ширину до 1 км, затем ниже по течению до 8–10 км, а в устьевой части общая с Припятью первая надпойменная терраса имеет в поперечнике до 15 км. На правом берегу терраса данного уровня тянется узкой полосой, имея в основном ширину 0,2–1,0 км (до 3 км), от д. Велесница до д. Купятичи. Высота первой надпойменной террасы – 4–6 м. Поверхность ее ровная, реже всхолмленная, преобладающие абсолютные отметки 137–139.

Русло реки от истока на протяжении 40 км, а также на территории Березовского р-на от д. Селец до д. Стригин протяженностью 15 км канализировано. На неканализованных участках русло реки извилистое и сильноизвилистое. Ширина русла – от 10 до 40 м, а максимальные значения составляют 82 м у д. Купятичи Пинского р-на.

1.4. Климат

Климат определяют как статистический режим атмосферных условий (условий погоды), характерный для каждого места Земли в силу его географического положения. Климат бассейна Ясельды определяется ее географическим положением и формируется в сложном взаимодействии солнечной радиации, циркуляции атмосферы, влагооборота и условий подстилающей поверхности.

Бассейн Ясельды расположен в умеренных широтах северного полушария, в основном в пределах Полесской низменности, практически в центре Европы. Он находится в переходной зоне от морского к континентальному климату. Основным климатообразующим фактором является влияние Атлантического океана. Морские воздушные массы, приносимые циклонами с Атлантического океана или Средиземного моря, в холодный период вызывают оттепели, а в отдельные годы резко смягчают всю зиму. В теплый период вторжение морских воздушных масс приносит пасмурную, дождливую, прохладную погоду [69, 70, 150].

Приход воздушных масс с континента летом приводит к жаркой сухой погоде, зимой – к сильным холодам.

Чередование воздушных масс различного происхождения создает характерный для бассейна Ясельды (особенно для холодного полугодия) неустойчивый тип погоды.

Для описания климата в бассейне Ясельды использованы данные наблюдений Пинского межрайонного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (МЦГМ Пинск) за более чем столетний период наблюдений за температурой и осадками и более чем пятидесятилетний – за иными метеорологическими параметрами и характеристиками. Для анализа термического режима (средние годовые температуры воздуха) и режима увлажнения (годовые суммы осадков) также использованы данные метеостанции Пружаны.

Радиационные и тепловые ресурсы. Солнечная радиация является одним из основных климатообразующих факторов. Радиационный режим земной поверхности создается лучистой энергией, приходящей к земной поверхности и уходящей от нее. Лучистая энергия солнца, проходя через атмосферу, частично рассеивается и поглощается. Достигая земной поверхности, часть солнечной радиации отражается, в результате чего возникает отраженная радиация. Неотраженная часть радиации поглощается, превращаясь в тепло. Нагретая поверхность, в свою очередь, становится источником собственного излучения, направленного к атмосфере. Атмосфера, нагреваемая за счет теплообмена с земной поверхностью, также является источником излучения, направленного к земной поверхности и в мировое пространство.

Деятельная поверхность в любой момент подвергается воздействию различных видов радиации. По их направлению (к деятельной поверхности или от нее) можно различать приходные и расходные составляющие радиационного режима поверхности. Приход радиации к горизонтальной поверхности состоит из прямой радиации S' , рассеянной D и излучения атмосферы E_a . Расход складывается из отраженной радиации R_k и излучения деятельной поверхности E_s .

Разность между всей приходящей радиацией ($S' + D + E_a$) и всей уходящей ($R_k + E_s$) называется остаточной радиацией, или радиационным балансом деятельной поверхности [108, 192], и выражается формулой

$$B = S' + D + E_a - E_s - R_k \quad (1.1)$$

или

$$B = B_k + B_d. \quad (1.2)$$

Величина B получается в результате непосредственных измерений длинноволнового радиационного баланса и определяется вычислением

$$B_d = B - B_k = B - (Q - R_k) = B + R_k - Q. \quad (1.3)$$

Ночью $B_k = 0$ и $B = B_d$, т. е. радиационный баланс становится равным балансу длинноволновой радиации.

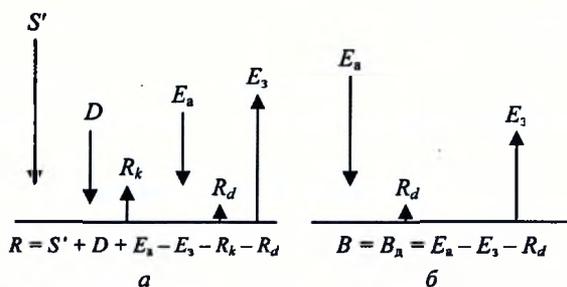


Рис. 1.2. Схема радиационных потоков составляющих радиационного баланса деятельной поверхности: а – днем; б – ночью

В метеорологии часто используется такое понятие, как эффективное излучение

$$E_{эф} = -B_d = Q + R_k - B. \quad (1.4)$$

На рис. 1.2 приведена схема потоков радиации, составляющей радиационный баланс земной поверхности.

Практически вся энергия прямой, рассеянной, суммарной и отраженной радиации заключена в спектральной области 0,3–4,0 мкм. Эти виды радиации называют коротковолновыми в отличие от теплового излучения земли, облаков и атмосферы с длиной волны больше 4 мкм [66].

Ближайшей метеорологической станцией, проводящей наблюдения за составляющими радиационного баланса (актинометрические наблюдения), является болотная станция Полесская (БС Полесская), расположенная на юго-востоке от бассейна Ясельды. Нами использованы данные актинометрических и теплобалансовых наблюдений этой станции за период с 1981 по 2010 г. (30 лет), что обеспечивает возможность получения при осреднении достаточно надежных показателей. Результаты многолетних наблюдений на БС Полесская приведены в табл. 1.9.

Значения суммарной радиации в заданном районе в течение года изменяются от 55 МДж/м² в декабре до 610 МДж/м² в июле, поскольку летом высота солнца и продолжительность дня значительно больше, чем зимой, к тому же и количество облачности, влияющей на радиацию, меньше. От года к году суммарная радиация в связи с различными погодными условиями может существенно изменяться. За указанный интервал времени годовая сумма была минимальной в 1998 г. (3198 МДж/м²) и максимальной в 2005 г. (4683 МДж/м²).

Доля рассеянной радиации по отношению ко всему потоку радиации возрастает с уменьшением высоты солнца и увеличением облачности, поэтому она наибольшая поздней осенью и зимой и достигает максимума 82 % в декабре. В 1984 г. она составила 100 %, т. е. рассеянная радиация равнялась суммарной. Доля же прямой радиации наименьшая в декабре – 18 %, а наибольшая с мая по август – 51–52 %. В эти месяцы величина прямой радиации на горизонтальную поверхность выше, чем рассеянной по абсолютной величине.

1. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ...

Таблица 1.9. Суммы различных видов солнечной радиации и радиационного баланса в районе БС Полесская, МДж/м²

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<i>Рассеянная радиация, D</i>												
60	105	176	228	287	295	289	245	173	108	56	44	2066
<i>Прямая радиация, S'</i>												
18	43	105	199	304	311	322	273	146	86	23	11	1841
<i>Радиационный баланс, B</i>												
-18	2	84	213	325	353	359	281	147	54	-3	-21	1776
<i>Суммарная радиация, Q</i>												
78	148	281	428	591	607	610	517	320	194	78	55	3906
<i>Отраженная радиация, R_t</i>												
39	83	107	88	125	126	124	104	66	40	23	27	950
<i>Эффективное излучение, E_{эф}</i>												
57	63	89	126	141	127	129	132	107	99	59	49	1179

Значения радиационного баланса в течение года изменяются от -21 МДж/м² в декабре до 359 МДж/м² в июле. Только с ноября по январь радиационный баланс отрицательный и земная поверхность отдает больше тепла, чем получает. В остальное время года радиационный баланс положительный и он увеличивается пропорционально росту суммарной радиации.

Величина отраженной радиации зависит от величины суммарной радиации, поступающей на земную поверхность, и состояния подстилающей поверхности. При наличии чистого снежного покрова она приближается к значению суммарной радиации (до 90 %), а при травяном покрове ее доля составляет от 15 до 25 %.

Отражательная способность подстилающей поверхности (*альbedo*) определяется отношением отраженной радиации к суммарной, выраженным в процентах. В табл. 1.10 показаны средние многолетние значения альbedo, определяемые на площадке покрытой снежным покровом зимой, а в теплый период года – травой.

Альbedo максимально в феврале (56 %) в связи с наличием стабильного снежного покрова и, соответственно, высоких значений отраженной радиации по отношению к суммарной.

Таблица 1.10. Альbedo подстилающей поверхности на БС Полесская, %

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
50	56	38	21	21	21	20	20	21	21	29	49	24

В практике большое значение имеет доля солнечной энергии, которая усваивается растениями и способствует фотосинтезу. Эта часть солнечной радиации называется фотосинтетически активной радиацией. В районе БС Полесская она распределяется по месяцам следующим образом (табл. 1.11).

Таблица 1.11. Фотосинтетически активная радиация в районе БС Полесская, МДж/м²

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
42	80	149	227	307	315	318	269	169	101	42	29	2049

Величина фотосинтетически активной радиации непосредственно не измеряется, а пересчитывается с помощью коэффициентов по значениям суммарной радиации.

Для суточных и месячных значений прямой радиации большое значение имеет продолжительность солнечного сияния, которое связано с продолжительностью интервала времени между восходом и заходом солнца и наличием облачности (табл. 1.12).

Действительная продолжительность солнечного сияния за год (указанная в таблице) составляет всего 31 % возможной (рассчитанной при безоблачном небе).

Таблица 1.12. Продолжительность солнечного сияния в районе БС Полесская, ч

Характеристика	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Среднее значение	44	70	126	189	254	262	274	250	159	120	47	33	1829
Среднее квадратическое отклонение	14	19	33	38	48	38	50	33	49	37	18	18	110

Тепловой баланс деятельной поверхности записывается в виде уравнения теплового баланса, которое является частным случаем сохранения энергии:

$$B + P + L + V = 0, \quad (1.5)$$

где B – радиационный баланс деятельной поверхности, кВт/м²; P – поток тепла в почве, кВт/м²; L – турбулентный поток тепла в приземном слое атмосферы, кВт/м²; V – затрата тепла на испарение с деятельной поверхности или его выделение при конденсации водяного пара на этой поверхности, кВт/м².

Поскольку теплбалансовые наблюдения предназначаются в первую очередь для оценки расхода радиационного тепла, для деятельной поверхности уравнение теплового баланса можно записать в виде равенства

$$B = P + L + V. \quad (1.6)$$

Радиационный баланс деятельной поверхности (B), или «остаточная радиация», представляет собой разность между приходом и расходом лучистой энергии. Приход состоит из поглощенной коротковолновой прямой и рассеян-

ной солнечной радиации и длинноволнового излучения атмосферы, расход – из коротковолновой отраженной радиации и длинноволнового излучения деятельной поверхности.

Поток тепла в почве (P) характеризует собой теплообмен между деятельной поверхностью и нижележащими слоями. Если температура деятельной поверхности больше температуры нижележащих слоев, то поток тепла направлен от поверхности вглубь и почва прогревается; такой поток тепла в почве принято считать положительным. Если же деятельная поверхность холоднее нижележащих слоев, то поток тепла направлен из глубины к поверхности и почва охлаждается; такой поток тепла в почве принято считать отрицательным. Средние многолетние значения потока тепла в почву, характерные для водосбора Ясельды, представлены в табл. 1.13.

Таблица 1.13. Средние значения потока тепла в почве P для водосбора Ясельды, МДж/м²

Месяц							Год
IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
2	1	1	0	-1	-1	-2	1

Теплообмен в почве – величина знакопеременная в годовом разрезе. С апреля по июль (эти наблюдения проводятся только с апреля по октябрь) доминируют потоки, направленные от поверхности вглубь почвы. Для года в целом справедливо соотношение $B^+ - B^- \approx 0$, так как почти все тепло, аккумулированное в деятельном слое почвы за теплый период, расходуется при теплоотдаче за холодный период года. По сравнению с радиационными характеристиками и турбулентным теплообменом величины теплообмена в почве малы и часто в практических расчетах ими пренебрегают. Это относится также и к теплу, выделяемому при конденсации.

Турбулентный поток тепла (L) характеризует собой теплообмен между деятельной поверхностью и приземным слоем атмосферы. Этот теплообмен осуществляется благодаря турбулентному перемешиванию атмосферы и прекращается при его отсутствии. Турбулентный поток тепла зависит от разности температур поверхности и прилегающего к ней слоя атмосферы, а также от интенсивности турбулентного перемешивания в этом слое.

Если температура деятельной поверхности выше температуры воздуха, то турбулентный поток тепла направлен от поверхности в воздух; такой поток принято считать положительным. Получая тепло от поверхности, воздух нагревается. Если же температура деятельной поверхности ниже температуры воздуха, то турбулентный поток тепла направлен из воздуха к поверхности. Такой поток принято считать отрицательным. Отдавая тепло поверхности, воздух охлаждается. Средние многолетние значения турбулентного потока тепла, характерные для водосбора Ясельды, представлены в табл. 1.14.

Таблица 1.14. Средние значения турбулентного потока тепла L для водосбора Ясельды, МДж/м²

Месяц							Год
IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
74	100	120	114	98	56	20	580

Затрата тепла на испарение (V) также связана с турбулентным перемешиванием в приземном слое атмосферы и с переносом водяного пара в этом слое. Поток водяного пара, направленный от деятельной поверхности к атмосфере, принято считать положительным. Такой поток возможен лишь тогда, когда с деятельной поверхности происходит испарение, на которое затрачивается тепло. Следовательно, при положительном потоке водяного пара деятельная поверхность теряет тепло на испарение. Поток водяного пара, направленный от атмосферы к деятельной поверхности, принято считать отрицательным. Такой поток связан с процессами, противоположными испарению, т. е. с конденсацией или сублимацией водяного пара на поверхности. При этих процессах выделяется тепло. Следовательно, при отрицательном потоке водяного пара деятельная поверхность получает тепло конденсации или сублимации. Средние многолетние значения затрат тепла на испарение, характерные для водосбора Ясельды представлены в табл.1.15.

Таблица 1.15. Средние значения затрат тепла на испарение V для водосбора Ясельды, МДж/м²

Месяц							Год
IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
137	219	226	234	181	95	38	1130

В настоящее время из четырех составляющих теплового баланса на станциях непосредственно измеряется только радиационный баланс. Остальные составляющие рассчитывают по данным градиентных наблюдений над температурой и влажностью воздуха, скоростью ветра, а также над температурой и влажностью почвы на различных глубинах.

Термические ресурсы. Термический режим бассейна Ясельды характеризуется положительными средними годовыми температурами воздуха, которые составляют от +6,7 °С до +6,9 °С. Температура самого теплого месяца (июля) составляет +18,3 °С, самого холодного (января) – –5,3 °С. Абсолютный максимум температуры воздуха за весь период наблюдений (1881–2013 гг.) составил +36,3 °С [176]. В среднем ежегодно бывает 3–4 дня с температурой +30 °С и выше, и примерно 1 день за 10 лет с температурой выше +35,0 °С. Абсолютный минимум температуры воздуха составляет –34,7 °С. Температура ниже –30 °С фиксируется с частотой один раз в 5 лет.

Температура воздуха является одним из важнейших элементов климата. Ее изменения и колебания обусловлены, с одной стороны, приходом теплых или холодных воздушных масс, с другой – теплообменом между различными слоями воздуха, между воздухом и почвой. Существенную роль в этом теплообмене играют поглощение и излучение солнечной энергии. Проходя через атмосферу, солнечные лучи нагревают ее очень мало. Гораздо больше они нагревают поверхность почвы и воды. Нагретая солнцем поверхность передает тепло более глубоким слоям земли и нижнему слою воздуха, от которого тепло передается более высоким слоям, поэтому днем, как правило, температура уменьшается с высотой.

Ночью солнечная энергия отсутствует, однако земля и атмосфера продолжают излучать длинноволновую (инфракрасную) энергию. Земная поверхность излучает, как правило, больше энергии, чем атмосфера по направлению к земле, и поэтому охлаждается. Охлаждение передается от одного слоя воздуха к другому. Этот процесс называется радиационным выхолаживанием. В результате температура воздуха ночью с высотой увеличивается.

Температурный режим описывает целая группа характеристик: средняя суточная, среднемесячная и годовая температуры, минимальная, максимальная температура и др.

На рис. 1.3 приведен годовой ход температуры воздуха по МЦГМ Пинск.

Средняя годовая температура воздуха, по данным МЦГМ Пинск, составляет $+6,9$ °С. Самый холодный месяц как, впрочем, и во всей республике, – январь (рис. 1.4). Средняя месячная температура января равна $-5,3$ °С. В этом месяце в большинстве лет отмечается снежный покров, который отражает большую часть приходящей солнечной энергии. В связи с этим, хотя приход солнечной энергии наименьший в декабре, температуры января, как правило, наиболее низкие. Январь самый холодный месяц примерно в 45 % лет, однако довольно часты годы, когда температура декабря или февраля ниже январской. Февраль бывает холодным в 35 % лет и декабрь – в 19 % лет. Иногда самым холодным месяцем бывает март (1952 г.).

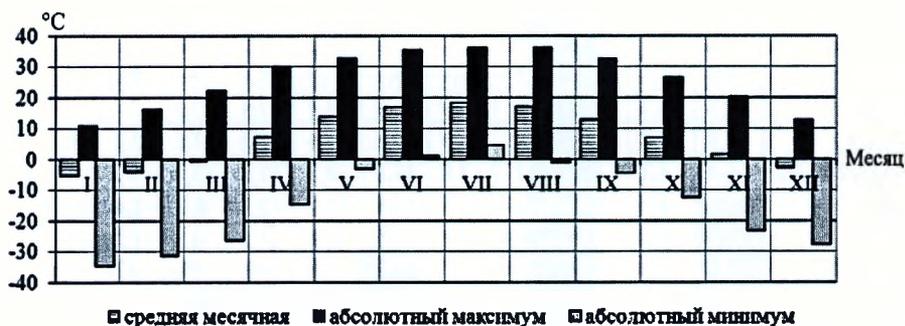


Рис. 1.3. Годовой ход температуры воздуха по МЦГМ Пинск, °С



Рис. 1.4. Самый холодный месяц в году на территории бассейна Ясельды, % лет

В январе и феврале ежегодно можно ожидать по 12–15 дней с оттепелью и в то же время 5–7 дней – со средней суточной температурой ниже -10°C .

С февраля средняя температура воздуха начинает постепенно повышаться. Вначале температура растет медленно, февраль в среднем теплее января на $1,0^{\circ}\text{C}$. Наличие снежного покрова, затраты тепла на его таяние, а также частые вторжения холодных масс воздуха задерживают повышение температуры воздуха в марте. Наиболее интенсивный рост температуры воздуха наблюдается от марта к апрелю ($7,4^{\circ}\text{C}$) и от апреля к маю ($6,6^{\circ}\text{C}$).

В августе начинается медленное понижение температуры. Если в июле количество дней со средней суточной температурой более 15°C равно 25, в августе – 23, то в сентябре – только 7. С сентября по декабрь температура быстро понижается. В табл. 1.16 приведены средние декадные температуры воздуха по МЦГМ Пинск. Самыми холодными являются 2-я и 3-я декады января, а самыми теплыми – 2-я и 3-я декады июля.

Таблица 1.16. Характеристика температурного режима по МЦГМ Пинск на территории бассейна Ясельды, $^{\circ}\text{C}$

Характеристика температуры	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1-я декада	-5,0	-5,1	-2,2	4,5	12,1	16,2	18,0	18,1	14,7	9,1	3,3	-1,5
2-я декада	-5,5	-4,3	-0,5	7,2	14,0	16,9	18,4	17,4	13,0	7,1	1,7	-2,8
3-я декада	-5,5	-3,4	1,9	9,8	15,3	17,5	18,4	16,2	11,1	5,2	0,0	-4,1
Средняя за месяц	-5,3	-4,3	-0,2	7,2	13,8	16,9	18,3	17,2	12,9	7,1	1,7	-2,8
Ночная	-8,4	-7,7	-3,3	3,1	8,7	11,5	13,1	12,1	8,1	3,4	-0,6	-5,0
Абсолютный минимум/год	<u>-34,7</u> 1950	<u>-31,3</u> 1929	<u>-26,5</u> 1929	<u>-14,8</u> 1929	<u>-3,1</u> 1953	<u>1,2</u> 1928	<u>4,5</u> 1976	<u>-1,1</u> 1966	<u>-4,5</u> 1986	<u>-12,4</u> 1973	<u>-23,3</u> 1965	<u>-28,0</u> 1887
Дневная	-2,4	-1,0	3,8	11,8	19,4	22,8	22,4	23,1	18,5	11,6	4,4	-0,4
Абсолютный максимум/год	<u>11,2</u> 2007	<u>16,4</u> 1990	<u>22,3</u> 1974	<u>30,2</u> 2012	<u>32,9</u> 1892	<u>35,5</u> 1885	<u>36,1</u> 1904	<u>36,3</u> 1905	<u>32,6</u> 2008	<u>26,7</u> 1966	<u>20,3</u> 2002	<u>12,8</u> 1961

В зимний период в бассейне Ясельды преобладают дни со средней суточной температурой воздуха от 0 до -10°C . Их доля составляет более 50 %. Сравнительно велика зимой повторяемость дней с положительной средней суточной температурой, их доля близка к 30 %. Это наиболее неблагоприятные оттепельные дни, приводящие к уменьшению, а иногда и к сходу снежного покрова. Остальные зимние дни холодные со средней суточной температурой ниже -10°C .

В переходные периоды – весной и осенью – диапазон изменения средней суточной температуры велик. Однако около 50 % всех дней характеризуются средней суточной температурой от 0 до $+10^{\circ}\text{C}$. При этом в месяцы, примыкающие к зиме, – в марте и ноябре – до 50 % дней почти зимних со средней суточной температурой от 0 до -10°C . В месяцы, примыкающие к лету, – в мае и сентябре – около 75 % теплых дней со средней суточной температурой $+10...+20^{\circ}\text{C}$ и только в апреле и октябре 70–75 % дней со средней суточной температурой от 0 до $+10^{\circ}\text{C}$.

В летний период разброс суточных температур минимален. Около 80 % дней имеют температуру $+10...+20^{\circ}\text{C}$. В среднем лишь 1–2 дня за сезон бывает с температурой ниже 10°C . Гораздо больше летом по настоящему жарких дней, когда температура воздуха в среднем за сутки поднимается выше 20°C . В целом, за теплый период в бассейне Ясельды отмечается в среднем 15 жарких дней. Основная доля их приходится на июль, который чаще всего (рис. 1.5) бывает самым теплым месяцем (66 % лет). Однако в зависимости от атмосферной циркуляции наиболее высокие температуры могут быть и в июне (11 % лет) и в августе (22 % лет). В 1993 г. самым теплым месяцем был май.

Температура воздуха имеет четко выраженный суточный ход. Как зимой, так и летом минимальные температуры воздуха наблюдаются вблизи времени восхода солнца, максимальные – через 2–3 ч после полудня.

Абсолютный многолетний экстремум температуры – это наибольшее (максимум) и наименьшее (минимум) значения, наблюдавшиеся в данном

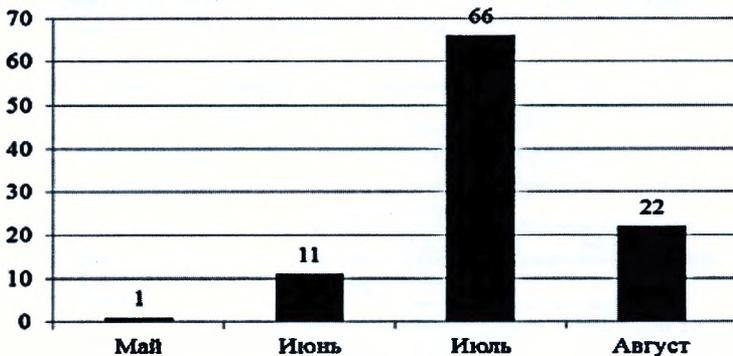


Рис. 1.5. Самый теплый месяц в году в бассейне Ясельды, % лет

месяце. Во все месяцы абсолютный максимум положителен и увеличивается от +11 °С в январе до +36 °С в июле–августе. Наступление сильной жары летом обычно связано с приходом на нашу территорию масс тропического воздуха. Средний из ежегодных абсолютных максимумов в бассейне Ясельды составляет +31,8 °С. Самая высокая температура воздуха в бассейне (+36,3 °С) отмечена в августе 1905 г. Практически ежегодно в этом районе фиксируется температура +30 °С и выше. В осенний период наблюдаются возвраты тепла («бабье лето»), при которых абсолютный максимум может достигать высоких значений: в сентябре до +30 °С, а в октябре до +25 °С. Даже в ноябре отмечены случаи, когда температура воздуха в дневные часы поднималась до +20 °С.

Абсолютная минимальная температура во все месяцы, кроме июня и июля, отрицательна. Низкие температуры воздуха в бассейне Ясельды обычно связаны с вторжениями арктического воздуха. При ясной погоде этот холодный воздух подвергается дополнительному выхолаживанию, в результате чего температура понижается еще больше и достигает аномально низких значений. Средний из ежегодных абсолютных минимумов в бассейне Ясельды составляет –23,1 °С. Самая низкая температура воздуха (–34,7°С), когда либо наблюдавшаяся в этом районе за весь период наблюдений, отмечена в январе 1950 г., а в августе во время заморозков температура воздуха может опускаться до –1,0 °С.

Понижения температуры воздуха до 0 °С и ниже в период активной вегетации (заморозки) с мая по сентябрь наносят наибольший ущерб сельскому хозяйству района. В 1-й декаде мая заморозки в воздухе, на высоте 2 м, возможны каждые 4 года из 10, после 10 мая – раз в 7 лет, в третьей декаде мая – раз в 20 лет. Осенние заморозки в бассейне Ясельды возможны с конца августа. Однако до 10 сентября в воздухе они отмечаются очень редко (в среднем – раз в 50 лет). В целом, в сентябре заморозки в воздухе регистрируются раз в 3 года.

Большой интерес представляют даты перехода средней суточной температуры воздуха через 0, 5, 10 и 15 °С (табл. 1.17). Дата перехода средней суточной

Таблица 1.17. Даты перехода средней суточной температуры воздуха через 0, 5, 10 и 15 °С и продолжительность периодов (дни) между этими датами на территории бассейна Ясельды

Начало	Окончание	Продолжительность
<i>Переход через 0 °С</i>		
19.03	27.11	253
<i>Переход через 5 °С</i>		
8.04	28.10	203
<i>Переход через 10 °С</i>		
27.04	2.10	158
<i>Переход через 15 °С</i>		
24.05	4.09	103

температуры воздуха через 0 °С весной считается в климатологии окончанием зимы, осенью – ее началом. В бассейне Ясельды в среднем температура воздуха через 0 °С весной переходит 19 марта, осенью – 27 ноября. Среднесуточная температура выше 0 °С удерживается в бассейне Ясельды на протяжении 253 дней – более 2/3 года. Отклонения от этого среднего значения могут достигать месяца и даже более.

Даты перехода средней суточной температуры воздуха через 5 °С весной и осенью принимают за начало и окончание вегетационного периода. Температура воздуха через 5 °С переходит обычно спустя две декады после установления положительных температур, а осенью – в конце октября. Колебания в датах перехода как весной, так и осенью достигают двух недель. Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 5 °С в среднем равна 203 дням.

Период с температурой выше 10 °С – период активной вегетации для большинства сельскохозяйственных культур. Начинается он обычно 27 апреля и заканчивается 2 октября, продолжается в среднем 158 дней. Отклонения от средней продолжительности в отдельные годы достигают 20–30 дней.

Период с температурой выше 15 °С характеризует наиболее теплую часть лета, которая длится в среднем 103 дня. В связи с большими колебаниями температуры воздуха из года в год даты перехода температур и продолжительность периодов в конкретные годы значительно отклоняются от средних многолетних значений.

Режим увлажнения. Атмосферные осадки. Бассейн Ясельды расположен в зоне достаточного увлажнения. Распределение осадков по его территории определяется действием ряда факторов, главные из которых: особенности циркуляции атмосферы, рельеф местности, характер подстилающей поверхности.

Общециркуляционные факторы определяют общее по Восточно-Европейской равнине уменьшение осадков к юго-востоку с ослаблением влияния западного переноса. Однако из-за небольших размеров области влияние этого фактора не является определяющим. Более ощутимо влияние рельефа местности.

В зависимости от вида атмосферных осадков год делят на два периода: холодный (ноябрь–март) – с преобладанием твердых и смешанных осадков и теплый (апрель–октябрь) – преимущественно с жидкими осадками. Из общего количества осадков в году 11 % приходится на твердые осадки (снег, снежная крупа, снежные зерна и др.), 13 % – на смешанные (мокрый снег, снег с дождем) и 76 % – на жидкие (рис. 1.6). Максимальное количество твердых осадков приходится на январь, смешанных – на декабрь. С июня по сентябрь отмечают лишь жидкие осадки.

В среднем за год в бассейне Ясельды выпадает от 617 мм осадков в Пинске (рис. 1.7) и до 629 мм в Пружанах [177]. Из годового количества 30 % приходится на холодный период (ноябрь–март), а 70 % – на теплый (апрель–октябрь).

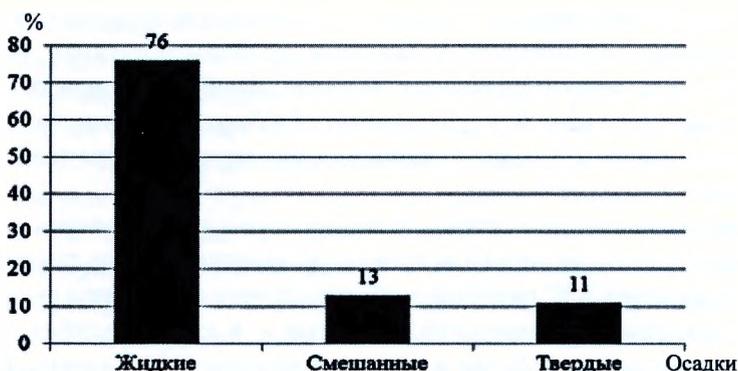


Рис. 1.6. Годовое количество твердых, жидких и смешанных осадков, выпадающих в бассейне Ясельды

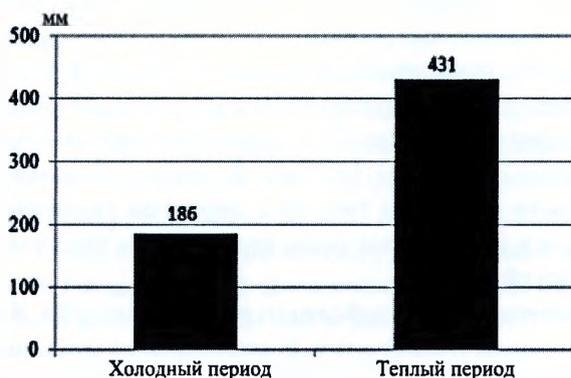


Рис. 1.7. Среднее количество осадков, выпадающих в Пинске в бассейне Ясельды за теплый и холодный периоды года

В холодный период, когда общее влагосодержание в воздухе мало, месячные суммы осадков невелики. Минимальное их количество наблюдается в феврале (32 мм); месячные суммы с января по март различаются незначительно. С апреля количество осадков постепенно увеличивается, достигая максимума в июле – 85 мм.

В умеренных широтах основную роль в образовании осадков играет водяной пар, приносимый воздушными массами с океана. С понижением температуры воздуха уменьшается влагосодержание воздушных масс и количество выпадающих осадков. Однако минимум приходится не на январь – самый холодный месяц, а на февраль, когда ослабевает циклоническая деятельность в связи с уменьшением температурных контрастов между медленно остывающей поверхностью океана и еще холодной сушей.

Месячные суммы осадков медленно, в среднем на несколько миллиметров в месяц, уменьшаются с ноября до февраля, и только в марте это уменьшение приостанавливается. С апреля начинается быстрое нарастание сумм выпада-

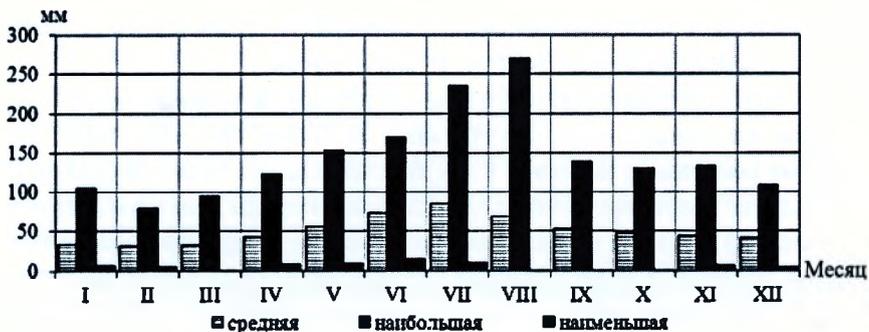


Рис. 1.8. Наименьшая, средняя и наибольшая месячная сумма осадков, выпавших в бассейне Ясельды

ющих осадков, которое продолжается до июля. В летние месяцы количество выпадающих осадков в сухие и влажные годы может различаться на 100–150 мм. С августа начинается уменьшение осадков от месяца к месяцу.

Несмотря на достаточное количество выпадающих осадков, в отдельные годы на территории бассейна Ясельды наблюдаются как засушливые явления, так и избыточное увлажнение. Это связано с неравномерным выпадением осадков и их временной изменчивостью. Разница годовых сумм осадков достигает более 500 мм. Так, в 1912 г. выпало 850 мм осадков, а в 1961 г. – всего 310 мм.

Особенно изменчивы месячные суммы осадков в теплое полугодие. В летние месяцы разница в количестве выпадающих осадков в сухие и дождливые годы в 2,5 раза больше, чем зимой. Наибольшая месячная сумма осадков в августе составляла 270 мм (2006 г.), наименьшая – 1 мм (1951 г.).

В холодный период с малым количеством осадков месячное их количество снижается до 1–7 мм (рис. 1.8), а в холодный период с большим количеством осадков увеличивается до 132 мм. В отдельные годы максимумы и минимумы осадков приходятся на различные месяцы. Примерно в 80 % лет годовой максимум осадков отмечается в один из летних месяцев (табл. 1.18). В отдельные годы наибольшие суммы осадков могут наблюдаться, как весной и осенью, так и зимой. Лишь в феврале ни разу не отмечалось максимума осадков. Минимум же осадков бывает во все месяцы года, но чаще всего отмечается в феврале и марте, на которые в сумме приходится 34 % всех случаев.

Во все месяцы наблюдались суммы осадков, превосходящие климатические нормы в 2,5–3,0 раза. В августе 2006 г. за месяц выпало 270 мм осадков,

Таблица 1.18. Повторяемость годового максимума и минимума осадков, %

Месяц											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0	1	1	7	24	35	15	7	5	3	1
13	16	18	7	3	1	2	4	7	14	9	6

что приблизилось к четырем месячным нормам. В то же время встречаются годы, когда за месяц выпадает от 1 до 15 мм осадков.

В климатологии дождливым считается период, в течение которого осадки выпадают ежедневно или с перерывами не более, чем один день, а их суточная сумма составляет не менее 1 мм. В теплое время года в бассейне Ясельды преобладают кратковременные дождливые периоды продолжительностью от 2 до 5 дней. В среднем на каждый месяц теплого периода года приходится по два таких периода, а за весь теплый сезон (апрель–октябрь) их насчитывается около 14. Дождливые периоды продолжительностью 6–10 дней наблюдаются реже, за весь теплый сезон примерно три раза. В среднем один раз в два года бывают периоды по 11–15 дней и один раз в 10 лет – более 15 дней. Обычно обильные продолжительные осадки связаны с выходом циклонов из Средиземноморья и низких широт умеренной зоны Атлантики.

Сухим считается такой период, в течение которого все дни были без осадков или с осадками менее 1 мм. Сухая погода возникает главным образом в стационарных антициклонах и связана с приходом теплого континентального умеренного воздуха с востока или континентального тропического воздуха с юга и юго-востока. Сухие периоды в теплое время наблюдаются чаще дождливых, и продолжительность их больше. Примерно раз в 3–5 лет бывают периоды продолжительностью более 20 дней, а раз в 10 лет возможны сухие периоды продолжительностью более 30 дней.

В летние месяцы выпадает осадков в 2,0 раза и более больше, чем в зимние, но число дней с осадками летом меньше (табл. 1.19). В бассейне Ясельды около половины дней в году (45 % дней) с осадками больше или равны 1 мм.

Наибольшее число дней с осадками в декабре – около 18, наименьшее в апреле – менее 12. Если же рассматривать только дни, когда количество

Таблица 1.19. Число дней с различным количеством осадков

Месяц	Количество осадков, мм								
	≥ 0,1	≥ 0,5	≥ 1,0	≥ 5,0	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 30,0	≥ 40,0	≥ 50,0
I	16,3	10,9	8,1	1,6	0,3	–	–	–	–
II	14,4	10,2	7,6	1,4	0,2	–	–	–	–
III	13,4	9,7	7,3	1,5	0,3	0,0	–	–	–
IV	11,6	9,3	7,6	2,6	1,1	0,2	–	–	–
V	12,4	10,4	9,0	3,5	1,4	0,3	0,0	–	–
VI	13,3	11,3	9,7	4,6	2,3	0,7	0,1	0,0	0,0
VII	14,3	12,2	10,2	4,8	2,4	0,8	0,3	0,2	0,1
VIII	12,5	10,5	9,0	3,9	2,0	0,6	0,2	0,1	0,0
IX	11,9	9,6	8,0	3,2	1,4	0,3	0,1	0,0	–
X	12,1	9,5	7,8	3,0	1,1	0,3	0,1	0,0	0,0
XI	15,2	11,4	8,8	2,6	0,5	0,1	0,0	–	–
XII	17,7	12,5	9,4	2,2	0,5	–	–	–	–
Год	165	128	103	35	14	3	0,9	0,4	0,1

1. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ...

осадков не менее 1 мм, то наибольшее число таких дней наблюдается в летние месяцы (в июле примерно 10 дней), хотя и зимой их достаточно (по 8–9 в месяце). Однако число дней с осадками более 5 мм летом в 2–3 раза выше, чем зимой, а с осадками более 10 мм – во много раз больше.

Наибольшие суточные количества осадков наблюдаются в теплый период (табл. 1.20). Во все месяцы теплого периода были случаи, когда за сутки выпадало 75–85 % месячной нормы осадков.

Таблица 1.20. Суточный максимум осадков в бассейне Ясельды по месяцам, мм/год

Месяц											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
19	17	35	29	39	77	96	65	49	68	31	19
1958	2003	2013	1913	1932	1933	2007	1932	1913	1889	1944	1894

В бассейне Ясельды в среднем ежегодно наблюдаются дожди, при которых за сутки или более короткий промежуток времени выпадает более 30 мм осадков. В действительности такие дожди бывают не ежегодно, однако в отдельные годы их может быть несколько. Так, за 2006 г. отмечено шесть таких дождей, причем четыре пришлось на август и по одному на май и июль. Дожди с таким большим количеством осадков наблюдаются в основном в теплый период года, при этом на три летних месяца приходится 74 % таких дождей. Примерно один раз в 10 лет могут наблюдаться дожди, при которых за сутки или более короткий промежуток времени выпадает более 50 мм осадков. Максимальное количество осадков за сутки (96 мм) выпало 6 июля 2007 г. В зимние месяцы суточные максимумы осадков сравнительно невелики. Суточное количество осадков косвенно характеризует их интенсивность. Зимой осадки менее интенсивны, чем в теплый период. Дожди с высокой интенсивностью наблюдаются только в течение мая–сентября, чаще всего в летние месяцы. В табл. 1.21 приведена максимальная интенсивность осадков для различных интервалов времени.

Таблица 1.21. Максимальная интенсивность осадков, выпадающих в бассейне Ясельды, для различных интервалов времени, мм/мин

Интервал времени				
минуты			часы	
10	20	30	1	12
2,00	1,33	1,03	0,60	0,08
06.07.1966 г.	07.06.1979 г.	07.08.1977 г.	07.08.1977 г.	17.06.1992 г.

Продолжительность осадков за год составляет в среднем около 1200 ч или 13,0–14,0 % всего времени года. Годовой ход продолжительности осадков противоположен годовому ходу их количества. Наиболее продолжительны осадки зимой. В летние месяцы, когда интенсивность и количество осадков наибольшие

в году, продолжительность их наименьшая. Сравнительно небольшие суммы осадков в холодный период, несмотря на их большую продолжительность и частоту, объясняются тем, что в это время преобладают малоинтенсивные обложные и морозящие осадки.

Снежный покров является важной характеристикой климата, определяющей его суровость и степень увлажнения территории. В то же время он выступает как климатообразующий фактор. Обладая большой отражательной и излучательной способностью, снежный покров резко уменьшает радиационный баланс, способствует охлаждению нижних прилегающих к нему слоев воздуха и формированию над обширными территориями суши устойчивых антициклонов.

В бассейне Ясельды первое залегание снега обычно наблюдается в конце 2-й декады ноября, но из-за оттепелей оно непродолжительно. Обычно образованию устойчивого снежного покрова предшествует несколько периодов непродолжительного залегания. В отдельные годы он отмечается уже в конце 1-й декады октября, а иногда впервые ложится только во второй половине декабря.

Примерно через месяц после наступления постоянных морозов залегает устойчивый снежный покров. Средняя дата образования устойчивого снежного покрова приходится на 26 декабря [178]. Устойчивым принято считать снежный покров, который лежит непрерывно не менее месяца с перерывами в общей сложности не более 3 дней в течение месяца. В бассейне Ясельды в среднем 84 дня со снежным покровом. В зависимости от условий погоды даты образования устойчивого снежного покрова и его разрушения могут от года к году значительно меняться. Самое раннее образование устойчивого снежного покрова наблюдалось в 1973 г. 26 ноября. Бывают годы, когда снег вообще не сохраняется непрерывно в течение месяца, тогда их относят к годам без устойчивого снежного покрова.

Высота снежного покрова в основном зависит от количества выпавших осадков и температурных условий периода снегонакоплений. Кроме того, на нее оказывают влияние перенос снега ветром, испарение его и другие факторы. Высота снега изменяется как в течение зимы, так и по годам.

В холодные зимы наблюдается закономерное увеличение высоты снежного покрова в течение зимы. Максимальные снегонакопления в зависимости от температуры весенних месяцев приходятся или на конец февраля, или на март. В теплые зимы максимальная высота может быть отмечена в любом из месяцев холодного периода.

С момента образования устойчивого снежного покрова средняя высота его в течение зимы обычно постепенно увеличивается и во второй половине февраля достигает своих наибольших значений – 9 см (рис. 1.9). Средняя из максимальных за зиму декадных высот снежного покрова составляет 16 см. В многоснежные годы наибольшая высота может достигать 40 см. За все годы наблюдений такая высота снежного покрова отмечена в зиму 1962/63 гг.

1. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ...



Рис. 1.9. Высота снежного покрова в бассейне Ясельды по декадам

Уменьшение высоты снежного покрова начинается в конце февраля. Разрушение и сход протекают интенсивнее, чем образование и нарастание, и уже к 9 марта устойчивый снежный покров разрушается. Самая поздняя дата разрушения устойчивого снежного покрова – 9 апреля 1958 г. После разрушения устойчивого снежного покрова может снова выпасть снег и образоваться на более или менее продолжительное время снежный покров. Последний снежный покров окончательно разрушается к 27 марта. Однако в 1893 г. последний снег сошел только 24 апреля.

Наряду с высотой снежного покрова изменяется плотность снега. Плотность снега в декабре–начале января обычно составляет $0,22 \text{ г/см}^3$. С течением времени происходит уплотнение снега в результате оседания, подтаивания. Средняя многолетняя величина плотности в конце января составляет $0,27 \text{ г/см}^3$, в феврале – $0,27\text{--}0,29$ и в начале марта достигает максимальных значений – $0,30 \text{ г/см}^3$. В отдельные годы при быстром таянии плотность снега может превышать $0,50 \text{ г/см}^3$. Плотность тающего, пропитанного водой снега, составляет $0,80 \text{ г/см}^3$.

Данные по высоте и плотности снежного покрова дают возможность рассчитать количество воды, накопленной в снеге, – *снегозапасы*. Они позволяют судить о величине весеннего половодья, о влагообеспеченности почвы. Запас воды в снеге обычно достигает максимальных значений во второй половине февраля – 24 мм. Средняя многолетняя величина максимальных за зиму запасов воды в снеге составляет 41 мм, наибольший запас воды в снеге (137 мм) был зарегистрирован в конце зимы 1995/96 гг.

Влажность воздуха. Бассейн Ясельды характеризуется повышенной влажностью воздуха в течение всего года. Определяют ее относительно большое количество атмосферных осадков, сравнительно невысокие температуры теплого периода года, обширные пространства, занятые лесами и водно-болотными комплексами. О влажности воздуха можно судить по величине парциального давления водяного пара, относительной влажности воздуха и дефициту насыщения.

Парциальное давление водяного пара, прежде всего, зависит от температуры воздуха: чем выше температура воздуха, тем большее количество водяного пара может в нем находиться. Парциальное давление водяного пара зависит также и от того, где сформировались воздушные массы, приходящие на территорию бассейна Ясельды. Воздушные массы с Атлантики несут большое количество водяного пара, а воздух, приходящий с востока, как правило, более сухой. Беден влагой и холодный воздух Арктики. Поэтому при одних и тех же местных условиях парциальное давление водяного пара может быть различным.

Парциальное давление водяного пара в бассейне Ясельды имеет ярко выраженный годовой ход, который схож с годовым ходом температуры воздуха (рис. 1.10). Минимальная величина парциального давления наблюдается в январе (4,0 гПа), максимальная – в июле (15,0 гПа).

С февраля парциальное давление водяного пара начинает расти, особенно интенсивно оно растет от апреля к маю (на 3,2 гПа). С постепенным понижением температуры воздуха от лета к осени уменьшается его влагосодержание. С августа парциальное давление водяного пара начинает уменьшаться, в сентябре оно равно 11,5 гПа, а в ноябре – 6,4 гПа [180].

Изменение парциального давления водяного пара в течение суток заметно только в теплый период, когда наблюдаются два минимума (основной перед восходом солнца и днем) и два максимума (утром и вечером). Однако в среднем за месяц изменение парциального давления в течение суток даже в летние месяцы не превышает 2,0 гПа, хотя в отдельные дни возможно его нарастание до 6,0–8,0 гПа и более. Минимальные запасы влаги в воздухе и минимальные суточные изменения влагосодержания отмечаются в холодные зимние дни и составляют лишь десятые доли гПа.

Относительная влажность представляет наибольший практический интерес, так как она характеризует степень насыщения воздуха водяным паром. Поскольку с повышением температуры воздуха парциальное давление водяного пара растет быстрее фактического, относительная влажность при этом уменьшается. Годовой ход относительной влажности противоположен годово-

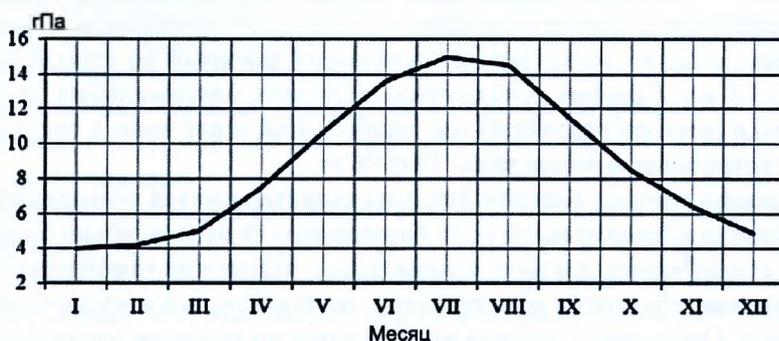


Рис. 1.10. Годовой ход парциального давления водяного пара в бассейне Ясельды

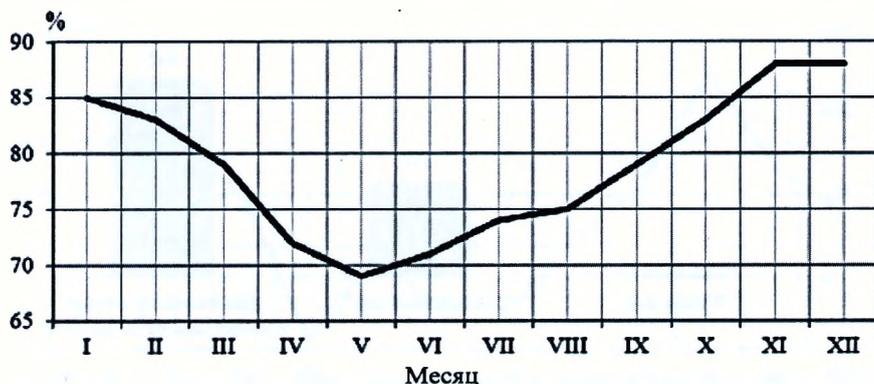


Рис. 1.11. Годовой ход относительной влажности воздуха в бассейне Ясельды

му ходу температуры воздуха (рис. 1.11). Однако наименьшие значения относительной влажности приходятся не на самый теплый месяц года, а на переходный весенний – май, когда нарастание температуры над сушей происходит относительно быстрее, чем рост влагосодержания в воздушных массах, приходящих с медленнее прогревающейся поверхности океана.

В холодную часть года средние месячные значения относительной влажности находятся в пределах 80–90 %. Максимальные значения относительной влажности наблюдаются в ноябре–декабре и составляют 88 %. Начиная с декабря, к маю она убывает, особенно интенсивно – от марта к апрелю. В мае относительная влажность минимальна (69 %). В летние месяцы относительная влажность воздуха медленно увеличивается, в среднем на 2–3 % в месяц. От сентября идет дальнейшее возрастание относительной влажности: в октябре – до 83 %, а в ноябре – до 88 %.

Суточный ход относительной влажности наиболее резко выражен летом. Максимальной величины относительная влажность достигает утром перед восходом солнца, а самые малые ее значения наблюдаются в послеполуденные часы, когда температура достигает максимума.

При относительной влажности более 80 % день считают влажным. С ноября по февраль большинство дней в бассейне Ясельды бывают влажными. В летние месяцы в среднем бывает по 3–4 влажных дня. За год в среднем отмечается 116 влажных дней (рис. 1.12). Максимальное число влажных дней за год было в 1968 г. (192 дня), минимальное (84 дня) – в 1995 г.

В бассейне Ясельды мало сухих дней, т. е. таких дней, когда относительная влажность воздуха около полудня не превышает 30 %. В среднем в году бывает семь таких дней, из них по два дня приходится на апрель и май. В остальные месяцы сухие дни бывают не ежегодно, а в зимнее время – раз в несколько лет. Максимум годового числа сухих дней (39) наблюдался в 1990 г., а в 2010 г. не было отмечено ни одного такого дня.

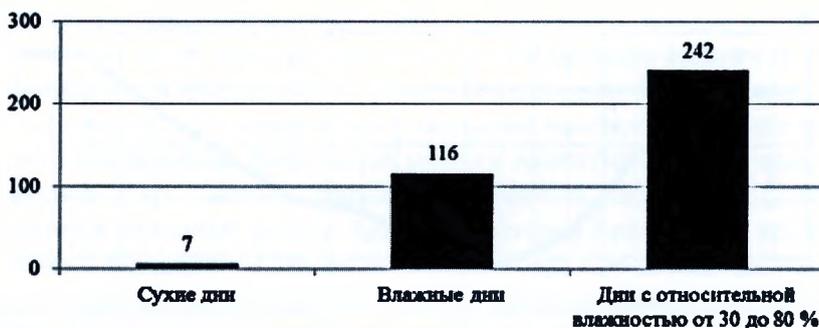


Рис. 1.12. Количество сухих, влажных и дней с относительной влажностью от 30 до 80 % в году

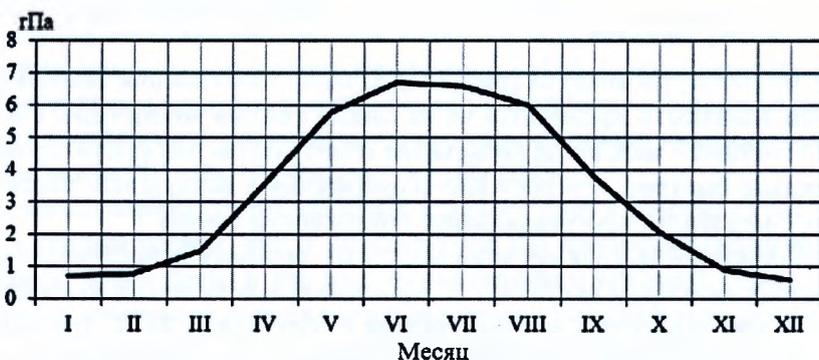


Рис. 1.13. Годовой ход дефицита насыщения воздуха в бассейне Ясельды

Дефицит насыщения изменяется в течение года аналогично ходу температуры воздуха. Чем она выше, тем больше дефицит насыщения.

В зимние месяцы средний месячный дефицит достигает минимума – 0,6–0,8 гПа (рис. 1.13). В течение этих месяцев он мало меняется (на 0,1 гПа), и обнаружить четко выраженный минимум невозможно. С началом весны дефицит насыщения воздуха возрастает. В марте он увеличивается по сравнению с февралем на 0,7 гПа. Средняя месячная величина в апреле составляет 3,6 гПа, к концу весны дефицит насыщения повышается до 5,8 гПа.

Наибольших значений дефицит насыщения достигает в июне (6,7 гПа). В июле уже отмечается уменьшение дефицита насыщения. Это связано с увеличением влагосодержания воздушных масс, что вызывает возрастание относительной влажности и снижение дефицита насыщения. В августе средняя месячная величина дефицита составляет 6,0 гПа. В дальнейшем средние месячные значения дефицита насыщения резко понижаются и в ноябре он уменьшается до 0,9 гПа. В течение суток наибольших значений дефицит насыщения достигает днем после полудня, наименьших – утром перед восходом солнца.

Циркуляционные факторы климата. Атмосферное давление определяется общими атмосферными процессами, географическим расположением

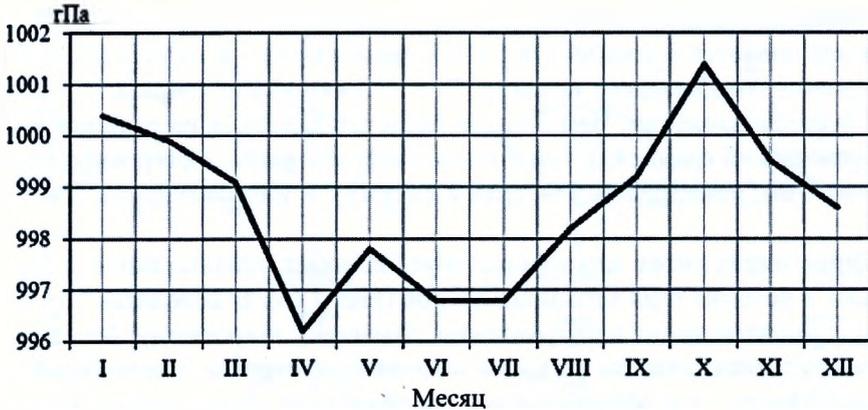


Рис. 1.14. Годовой ход среднего месячного атмосферного давления на уровне станции (высота барометра – 142,1 м над уровнем моря)

рассматриваемого региона на земном шаре и высотой над уровнем моря. В среднем при поднятии на 8 м атмосферное давление уменьшается на 1 гПа.

Среднее давление воздуха в бассейне несколько уменьшается в теплый период и увеличивается в холодный (рис. 1.14). Основные особенности годового хода атмосферного давления в бассейне Ясельды, как и на всей территории Беларуси: два максимума – в наиболее холодном месяце январе и октябре, два минимума – в мае и июле.

Невелики изменения среднегодовых величин давления. Наиболее высокое среднегодовое давление наблюдалось в 1991 г. (1000,6 гПа), а наиболее низкое – в 1965 г. (996,0 гПа) [179]. О крайних значениях давления в бассейне Ясельды можно судить по абсолютным максимумам и минимумам (рис. 1.15), выбранным из наблюдений в отдельные сроки.

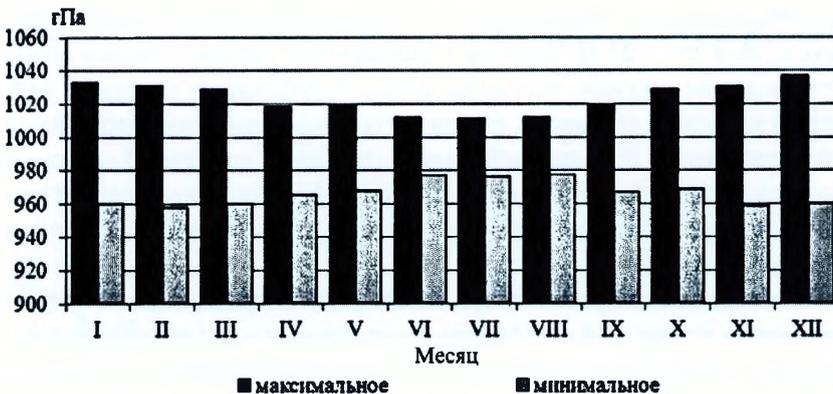


Рис. 1.15. Абсолютный минимум и абсолютный максимум атмосферного давления на уровне станции, гПа

Наибольшая разность между абсолютным максимумом и минимумом давления наблюдается в декабре (76,6 гПа), наименьшая – в августе (33,8 гПа).

Ветер – это движение воздуха. Его возникновение связано с различием атмосферного давления. Чем больше разность давления на единицу расстояния (барический градиент), тем больше скорость ветра. Ветер характеризуется скоростью, измеряемой в метрах в секунду, и направлением, откуда дует ветер.

Общая циркуляция атмосферы обуславливает преобладание в бассейне Ясельды в течение года западных ветров (рис. 1.16). В холодный период года изобары располагаются в направлении, близком к широтному: более высокое давление устанавливается на юге и юго-востоке страны, понижаясь к северу и северо-западу. Это обуславливает преобладание в этот период ветров, направленных вдоль изобар (из-за отклоняющего влияния силы Кориолиса), т. е. юго-западных и западных ветров. Зимой в бассейне Ясельды повторяемость ветров западной четверти горизонта (Ю, ЮЗ, З) составляет 50 %. В отдельные годы, когда со стороны Карского моря вторгается континентальный арктический воздух, существенным бывает влияние восточных и северо-восточных ветров. При северо-западных ветрах приходит арктический воздух с Гренландского и Норвежского морей. Более редки в бассейне Ясельды в зимнее время чисто северные ветры. Их роль в формировании погоды и климата невелика. Летом ослабляются барические градиенты, поэтому воздушные течения становятся слабее зимних и приобретают несколько иной характер. Направление ветра менее устойчиво, чем в холодный период. В летний период изобары принимают положение, близкое к меридиональному. Давление понижается с юго-запада на северо-восток и преобладающими становятся северо-западные и западные ветры. Они связаны либо с тыловой частью западных циклонов, либо с восточной окраиной областей высокого давления, идущих с Атлантики на материк. В сумме ветры с западной составляющей (СЗ, З, ЮЗ) отмечаются в 50 % летнего сезона. Относительно мала повторяемость ветров восточных румбов (СВ, В, ЮВ) – 27 %. Весной и осенью воздушные течения менее определены, чем летом и зимой, но тем не менее преобладают западные ветры.

Годовой ход скорости ветра связан с годовым ходом интенсивности атмосферной циркуляции. В холодный период года из-за усиленной циклонической деятельности средние месячные скорости ветра больше, чем в теплый (рис. 1.17). Изменчивость средних месячных скоростей также становится больше в холодное полугодие.

Средние годовые скорости ветра колеблются в сравнительно узких пределах. Отклонения от средней многолетней в отдельные годы не превышают 1,5 м/с. Самая большая средняя годовая скорость ветра наблюдалась в 1969 г. – 4,8 м/с, а самая низкая – в 2009 г. – 1,9 м/с. В течение всего года преобладают слабые (до 5 м/с) ветры, повторяемость которых летом выше, чем зимой. Скорость ветра 6–9 м/с, напротив, наблюдается зимой в 2–3 раза чаще, чем летом.

1. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ...

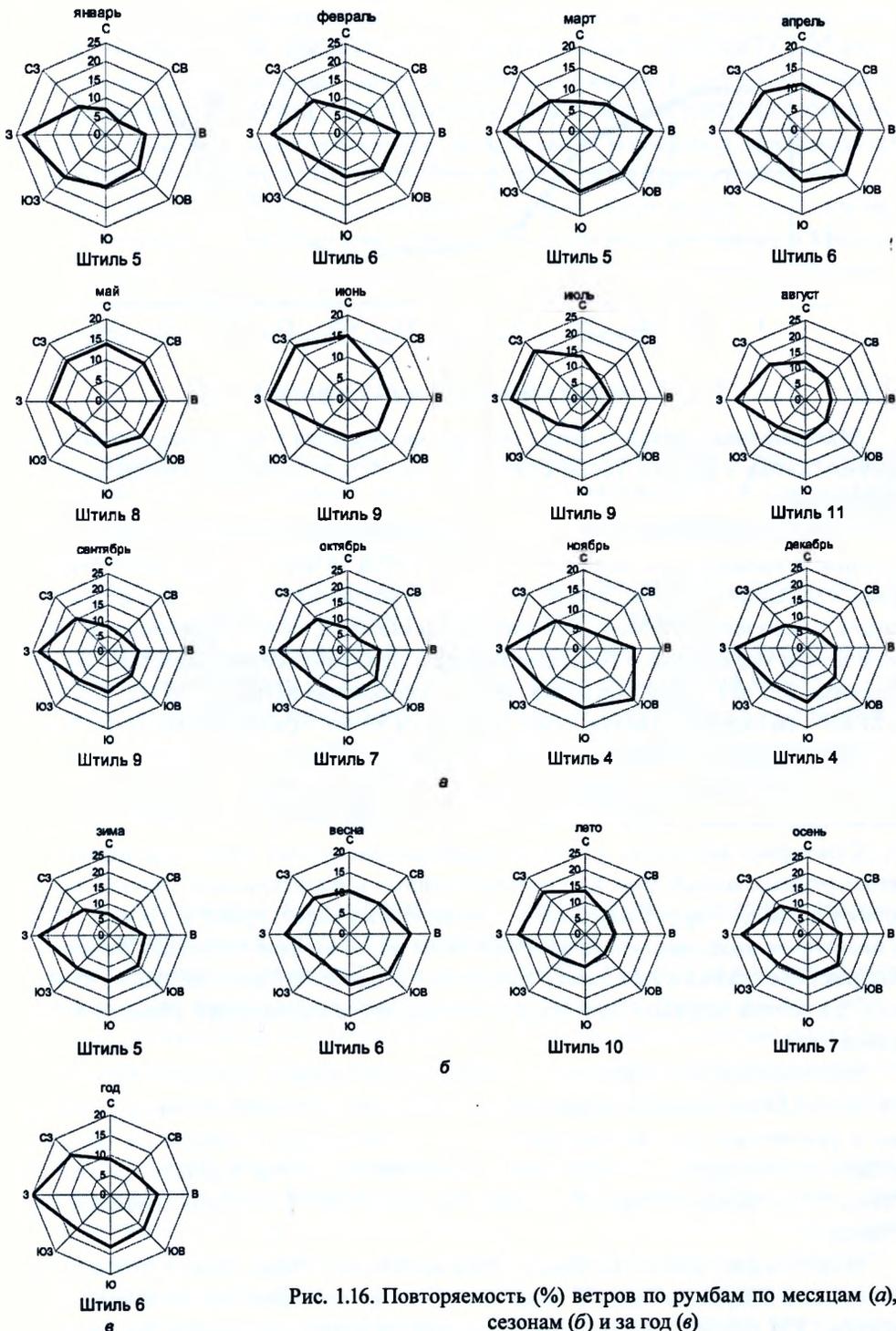


Рис. 1.16. Повторяемость (%) ветров по румбам по месяцам (а), сезонам (б) и за год (в)

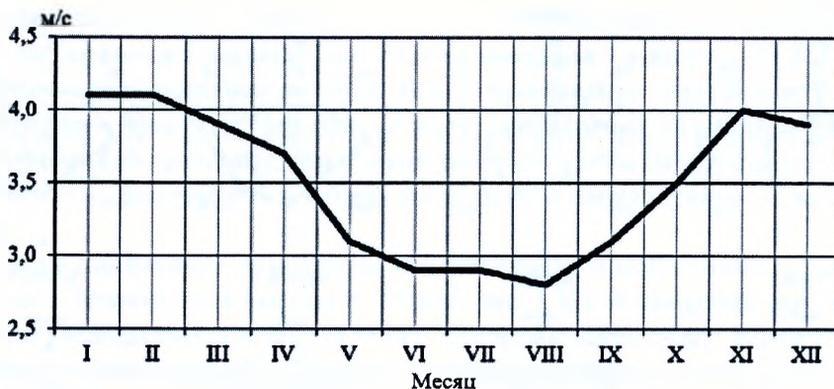


Рис. 1.17. Годовой ход скорости ветра в бассейне Ясельды

Максимальная скорость ветра обычно наблюдается в послеполуденные часы, минимальная — ночью. Такой суточный ход летом выражен гораздо сильнее, чем зимой.

Ветер со скоростью 15 м/с и более называют сильным. Если хотя бы в один из сроков наблюдений скорость ветра достигла 15 м/с, то такой день считают днем с сильным ветром. Зимой, вследствие усиления циклонической деятельности, число дней с сильным ветром увеличивается, летом уменьшается. Однако в целом таких дней в бассейне Ясельды практически не бывает. В среднем один раз в 5 лет можно ожидать день со скоростью ветра 15–16 м/с, один раз в 10 лет — со скоростью ветра 19 м/с, один раз в 50 лет — со скоростью ветра 24 м/с.

При порывах скорость ветра резко увеличивается. В среднем один раз в 5 лет можно ожидать порыва 26 м/с, раз в 10 лет — 28 м/с. Максимальный зарегистрированный порыв был отмечен 11 ноября 1972 г. и составил 32 м/с.

Суммарное испарение — один из основных расходных элементов водного баланса речных водосборов. Его количественные показатели необходимы для решения большого круга научных и практических задач, кроме того, они могут, в некотором роде, выступать своеобразным индикатором состояния экосистем. Корректная оценка суммарного испарения и особенно происходящие изменения, являются важным фактором в понимании современных климатических изменений.

Наблюдения за испарением с поверхности почвы и растений проводятся на специализированных агрометеорологических станциях, которые размещены в различных физико-географических и почвенных условиях. В Беларуси первые наблюдения за испарением с поверхности почвы и растительного покрова были организованы в бассейне Ясельды в 1958 г. на Полесской болотной станции.

В настоящее время для определения испарения с поверхности почвы и растительного покрова в теплый период используют стандартные почвенные испарители ГГИ-500-50 (ГР-25) с площадью испаряющей поверхности 500 см² и вы-

сотой почвенного монолита 50 см. Суммарное испарение измеряют с естественного разнотравья и на посевах сельскохозяйственных культур, в основном с яровых и озимых зерновых методом почвенных испарителей по изменению веса почвенного монолита с произрастающими в нем растениями за период между отдельными взвешиваниями испарителей. Измерения производятся через 5 сут. – 1-го, 6-го, 11-го, 16-го, 21-го и 26-го числа каждого месяца.

Наблюдения за испарением начинают весной, после схода снежного покрова, с момента перехода почвы в хорошо увлажненное состояние и продолжают до промерзания почвы на глубину более 5 см осенью или до образования устойчивого снежного покрова.

Испарение E , мм слоя воды рассчитывают по формуле

$$E = \frac{10}{S}(P_1 - P_2) + X - G, \quad (1.7)$$

где S – площадь испарителя, см²; P_1 и P_2 – масса испарителя в предыдущий и текущий сроки взвешивания испарителей соответственно, г; X – атмосферные осадки, поступившие в испаритель, мм; G – просачивание за промежуток времени между взвешиваниями испарителя, мм.

Количество выпавших атмосферных осадков определяется с помощью почвенного дождемера, установленного рядом с испарителями.

Наблюдения за испарением со снежного покрова, которые проводились по снеговым испарителям ГГИ-500-6 (ГР-66), носят отрывочный характер, что обусловлено методикой наблюдений (испарение не определялось при выпадении снега, после снежных метелей, оттепелей), поэтому систематизированных данных за холодный период, намеренных с помощью этих испарителей, нет.

Испарение рассчитывали по методу П. П. Кузнецова:

$$E = 0,34nd_{200}, \quad (1.8)$$

где 0,34 – эмпирический коэффициент; n – число суток в расчетном месяце; d_{200} – средний за месяц дефицит влажности воздуха.

С нарастанием тепла весной испарение возрастает от апреля к июню. В этот период помимо выпадающих осадков испаряется часть зимних запасов воды, неизрасходованных на поверхностный сток. К концу мая испарение достигает первого максимума. В начале июня отмечается некоторое снижение испарения. Это связано с уменьшением увлажнения почвы и высоты травостоя в отдельные годы.

В большинстве лет наибольшей высоты травостой достигает к концу июня. К этому времени отмечается второй максимум испарения. Отрастание трав после первого укоса происходит в течение июля, но высота их значительно меньше, чем весной. В связи с этим, несмотря на более высокую температуру воздуха и большее количество атмосферных осадков, испарение остается на том же уровне или же оно становится даже несколько меньше, чем в июне.

С августа начинается постепенное, с колебаниями в отдельные пятidineвки, понижение испарения.

В зависимости от метеорологических условий отдельных лет величины испарения отклоняются от средних значений в существенных пределах. В табл. 1.22 приведены обеспеченности различных величин суммарного испарения с поверхности травяного покрова по месяцам и в целом за период с мая по октябрь [29].

Таблица 1.22. Значение суммарного испарения по данным почвенных испарителей БС Полесская

Интервал осреднения	Средняя величина, мм	Значение, мм/год		Коэффициент вариации	Обеспеченные величины, мм							
		min	max		5 %	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %	95 %	
Май	<u>96,5</u> ±5,7	41,6 1990	144 1983	0,28	140	131	116	97,3	78,6	60,7	49,7	
Июнь	<u>88,9</u> ±5,1	<u>66,2</u> 2001	<u>162</u> 1995	0,27	143	124	100	82,5	73,2	69,3	68,3	
Июль	<u>84,6</u> ±5,6	<u>25,4</u> 1999	<u>132</u> 1983	0,30	126	118	103	85,4	67,4	50,2	39,6	
Август	<u>65,4</u> ±4,8	<u>31,6</u> 1994	<u>109</u> 1993	0,35	109	98,2	81,6	64,7	49,2	36,7	29,7	
Сентябрь	<u>39,7</u> ±2,6	<u>23,8</u> 1996	<u>59,5</u> 1980	0,30	63,6	57,2	47,6	38,6	30,9	25,3	22,7	
Октябрь	<u>28,2</u> ±1,5	<u>19,6</u> 1982	<u>46,1</u> 1993	0,24	42,9	38,3	32,1	27,0	23,5	21,7	20,9	
Май – сентябрь	<u>366</u> ±14	<u>278</u> 1990	<u>476</u> 1983	0,14	452	432	399	364	330	301	285	

Для получения обеспеченных величин суммарного испарения использовали трехпараметрическое гамма-распределение и распределение Пирсона III типа. Как показал анализ, оба типа распределений могут быть использованы для определения обеспеченных величин суммарного испарения. Однако предпочтение следует отдавать распределению Пирсона III типа, которое в большинстве случаев лучше аппроксимирует эмпирические точки распределения суммарного испарения.

Для практических целей необходимо определить не структуру испарения в окрестностях отдельных метеостанций, а поле испарения как стохастическое формирование суммарного испарения в целом. Данные локальных участков, на которых расположены лизиметры, являются репрезентативными лишь для схожих по условиям формирования испарения территорий. Увеличение потенциала информативности исходных выборок (одна реализация в год) также не приводит к корректному решению поставленной задачи. В связи с этим в некоторых случаях целесообразнее отказаться от эмпирических величин, а использовать рассчитанные величины, что и сделано в настоящей работе. О пространственном распределении суммарного испарения по территории бассейна Ясельды нельзя судить только по данным одной метеостанции,

по которой ведутся наблюдения. Поэтому необходимо использовать расчетные методы определения суммарного испарения. В качестве такого метода нами использован метод гидролого-климатических расчетов (ГКР) [38, 103]. При применимость данного метода обусловлена достаточной точностью между измеренными и рассчитанными величинами суммарного испарения.

Результаты сравнительного анализа измеренных и рассчитанных методом ГКР по программе «Баланс» значений суммарного испарения за период инструментальных наблюдений представлены в табл. 1.23, при анализе данных которой можно констатировать, что погрешность расчета в целом невелика и метод ГКР может быть использован для дальнейшего моделирования суммарного испарения с бассейна Ясельды.

Таблица 1.23. Результаты сравнения измеренных и рассчитанных величин суммарного испарения по БС Полесская

Показатель	Интервал осреднения по месяцам						
	V	VI	VII	VIII	IX	X	V-X
Измеренные величины, мм	92,4	85,8	86,3	66,9	41,6	29,3	402,3
Рассчитанные величины, мм	79,1	77,7	83	65,1	29,8	25,8	360,5
Отклонение, %	14,4	9,5	3,8	2,7	28,3	11,9	10,4

Суммарное испарение по методу ГКР за расчетный интервал времени определяется по зависимости

$$E(I) = E_m(I) \left[1 + \left(\frac{\frac{E_m(I)}{W_{HB}} + V(I)^{1-r(I)}}{\frac{KX(I) + g(I)}{W_{HB}} + V(I)} \right)^{n(I)} \right]^{\frac{1}{n(I)}}, \quad (1.9)$$

$$V(I+1) = V(I) \left(\frac{V_{cp}(I)}{V(I)} \right)^{r(I)}, \quad (1.10)$$

$$V_{cp}(I) = \left(\frac{\frac{KX(I) + g(I)}{W_{HB}} + V(I)}{\frac{E_m(I)}{W_{HB}} + V(I)^{1-r(I)}} \right)^{\frac{1}{r(I)}}, \quad (1.11)$$

где $E_m(I)$ – максимально возможное суммарное испарение – водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов климата, мм; W_{HB} – наименьшая влагоемкость деятельного слоя почвогрунтов, мм; $V(I) = W(I)/W_{HB}$ – относительная влажность почвогрунтов на начало расчетного периода; $r(I)$ – параметр, зависящий от водно-физических свойств и механического состава почвогрунтов;

$KX(I)$ – сумма измеренных и исправленных атмосферных осадков за расчетный период, мм; $g(I)$ – грунтовая составляющая водного баланса (питания), мм; $n(I)$ – параметр, учитывающий физико-географические условия стока.

Максимально возможное суммарное испарение находится по методике, описанной в работе [30].

Теплоэнергетические ресурсы процесса суммарного испарения E_m для любого расчетного периода времени определяют как

$$LE_m = R^+ + P^+ + \Delta B - \Delta E_m, \quad (1.12)$$

где L – скрытая теплота испарения, Дж/см³; R^+ – положительная составляющая радиационного баланса, Дж/см²; P^+ – положительная составляющая турбулентного теплообмена, Дж/см²; ΔB – изменение теплозапасов деятельного слоя почвы, Дж/см²; ΔE_m – расход тепла на таяние снега, льда, прогревание почвы, Дж/см².

Система уравнений (1.9–1.11) решается относительно средних величин суммарного испарения методом итераций. Расчеты выполняли с помощью компьютерной программы «Баланс». Моделирование суммарного испарения осуществляли в два этапа: проводили настройку модели и собственно делали моделирование.

В табл. 1.24 приведены месячные значения E_m по ряду пунктов бассейна Ясельды, а в табл. 1.25 – результаты расчета суммарного испарения по метеостанциям бассейна Ясельды.

Годовая величина суммарного испарения изменяется в небольших пределах и составляет 557–590 мм, увеличиваясь с севера к югу бассейна. Внутри-

Таблица 1.24. Средние многолетние значения максимально возможного испарения на территории бассейна Ясельды, мм

Метеостанция	Интервал осреднения по месяцам								
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV-X	Год
Ивацевичи	88	112	125	118	97	69	45	654	709
Пружаны	82	108	120	127	94	68	41	639	786
Полесская	91	112	121	109	88	64	45	630	794
Пинск	88	110	125	116	97	73	47	656	808

Таблица 1.25. Средние месячные значения суммарного испарения на территории бассейна Ясельды, мм

Метеостанция	Интервал осреднения по месяцам								
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV-X	Год
Ивацевичи	64	103	102	87	69	47	27	499	563
Пружаны	60	93	101	92	72	48	26	492	557
Полесская	72	102	101	91	70	48	30	519	590
Пинск	65	100	106	85	68	47	27	498	562

1. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ...

годовое распределение суммарного испарения для рассматриваемого бассейна характеризуется максимумом в июне и минимумом в декабре, что соответствует экстремальным значениям теплоэнергетических ресурсов (см. табл. 1.16).

Во всех случаях практических расчетов необходим обязательный анализ неопределенностей и сопоставление полученных результатов с данными о радиационном балансе подстилающей поверхности, испаряемости и, конечно, с измеренными значениями суммарного испарения по данным водобалансовых исследований.

Современные климатические изменения, несомненно, повлияли на величину суммарного испарения. Как известно, суммарное испарение формируется под воздействием многих факторов. Наиболее существенными климатическими факторами являются: температура воздуха, атмосферные осадки, дефициты влажности воздуха и средняя скорость ветра. Поэтому дальнейший анализ по выявлению причин изменения суммарного испарения выполнен с учетом связи выделенных факторов. Анализ временных рядов суммарного испарения, атмосферных осадков, температур воздуха и дефицитов влажности воздуха за различные интервалы осреднений за период наблюдений осуществлялся с использованием линейных трендов (табл. 1.26).

Таблица 1.26. Градиенты ($\alpha/10$ лет) (числитель) и коэффициенты корреляции линейных трендов (r) (знаменатель) временных рядов климатических величин по БС Полесская

Параметр	Интервал осреднения по месяцам						
	V	VI	VII	VIII	IX	X	V-X
Суммарное испарение	$\frac{-4,2}{-0,13}$	$\frac{-8,4}{-0,21}$	$\frac{3,2}{0,09}$	$\frac{4,9}{0,14}$	$\frac{7,1}{0,24}$	$\frac{3,1}{0,21}$	$\frac{5,5}{0,06}$
Атмосферные осадки	$\frac{7}{0,27}$	$\frac{-16}{-0,34}$	$\frac{32}{0,42}$	$\frac{13}{0,19}$	$\frac{-18}{0,37}$	$\frac{9}{0,32}$	$\frac{4,6}{0,28}$
Температура воздуха	$\frac{-0,13}{-0,06}$	$\frac{0,46}{0,28}$	$\frac{0,94}{0,39}$	$\frac{0,46}{0,26}$	$\frac{0,91}{0,44}$	$\frac{0,53}{0,29}$	$\frac{0,53}{0,62}$
Дефициты влажности воздуха	$\frac{-0,18}{-0,13}$	$\frac{0,64}{0,40}$	$\frac{0,44}{0,14}$	$\frac{-0,01}{-0,01}$	$\frac{0,52}{0,42}$	$\frac{-0,15}{-0,19}$	$\frac{0,21}{0,24}$

П р и м е ч а н и е. Критическое значение $r_{кр}$ (отмечено жирным шрифтом) на 5 %-ном уровне значимости при $n = 24$ составляет 0,39.

В мае и июне имеет место тенденция снижения величин суммарного испарения. В первом случае это вызвано некоторым снижением температуры воздуха, а во втором – уменьшением атмосферных осадков. Для остальных месяцев и вегетационного периода в целом характерно некоторое увеличение суммарного испарения, что обусловлено как ростом атмосферных осадков, так и ростом температур воздуха.

Статистически значимое изменение атмосферных осадков в сторону увеличения наблюдается в июле, температуры воздуха – в сентябре и за вегетационный период в целом, дефицитов влажности воздуха – в июне и сентябре.

Малые коэффициенты корреляции линейных трендов обусловлены неустойчивостью процессов, формирующих суммарное испарение, и разнонаправленностью их векторов.

С повышением температуры воздуха должно происходить увеличение суммарного испарения. Однако роста суммарного испарения на водосборе Ясельды не произошло, что обусловлено разнонаправленностью действия факторов, формирующих процесс испарения. Интенсивность испарения зависит от тепловых, влажностных и динамических характеристик пограничного слоя атмосферы. Для установления причин многолетних изменений интенсивности суммарного испарения проведен подробный анализ изменений метеорологических характеристик. Наиболее значимо изменилась временная структура скорости ветра, что вызывает уменьшение величины суммарного испарения, в то время когда повышение температуры воздуха вызывает его увеличение [89]. Это еще раз подчеркивает многофакторность формирования процесса суммарного испарения.

На заключительном этапе по программе «Баланс» произведены расчеты среднемноголетнего суммарного испарения на 2010 и 2020 г. по результатам прогнозных значений атмосферных осадков, температур и дефицитов влажности воздуха на 2020 г. [26]. Изменения прогнозного суммарного испарения за вегетационный период для различных обеспеченностей на 2020 г. относительно 2010 г. представлены в табл. 1.27, из которой видно, что произойдет некоторое увеличение суммарного испарения. Для отдельных месяцев имеют место, как увеличение, так и уменьшение суммарного испарения на территории бассейна Ясельды. Наибольшая трансформация суммарного испарения произойдет для обеспеченности 10 % – 29 мм, наименьшая – для обеспеченности 90 % – 23 мм.

Таблица 1.27. Изменения среднемноголетних величин суммарного испарения за период с мая по октябрь на 2020 г. по метеостанции Пинск по отношению к 2010 г., мм

Показатель	Месяц				
	V	VI	VII	VIII	IX
Обеспеченность, %	10	25	50	75	90
Суммарное испарение, мм	29	28	26	25	23

Таким образом, можно констатировать, что существенных изменений в величинах суммарного испарения не наблюдается, но в то же время произойдут изменения во временной внутригодовой структуре рядов наблюдений, изменятся амплитуда и частота колебаний, что необходимо учитывать при решении задач, связанных с прогнозированием суммарного испарения.

Изменение климата. Известно, что изменения климата имели место и в прошлом [17]. Однако они обуславливались природными причинами (астрономическими факторами и комплексом физико-географических условий). Изменения,

начавшиеся в конце 1980-х годов и продолжающиеся до настоящего времени обусловлены не только естественными причинами, но и деятельностью человека. Интенсивное использование углеродного топлива в индустриальную эпоху приводит к увеличению содержания углекислого газа (CO_2) в атмосфере. Углекислый газ – один из основных парниковых газов. Одновременно растет концентрация и других парниковых газов – метана, закиси азота, хлорфторуглеродов. Повышение концентрации парниковых газов, в первую очередь CO_2 , и приводит к глобальному потеплению, которое наблюдается в настоящее время. Об этом свидетельствует увеличение глобальной температуры примерно на $0,6^\circ\text{C}$ в XX в. [86].

Естественно, происходящие изменения температурного режима имеют свои региональные особенности. Существующие оценки изменений климата для территории бассейна Ясельды не противоречат концепции глобального потепления климата.

На протяжении почти всего XX в. до конца 1980-х годов кратковременные периоды потеплений сменялись близкими по величине и продолжительности периодами похолоданий [88]. Потепление, не имеющее себе равных по продолжительности и интенсивности, началось в 1989 г. резким повышением температуры зимой. В целом, этот год оказался самым теплым за столетний период по данным МЦГМ Пинск, превысив норму на $2,1^\circ\text{C}$ (рис. 1.18). Начавшееся потепление продолжалось и все последующие годы. Исключением стал лишь 1996 г., в течение которого средняя годовая температура воздуха в данном районе была на $0,5^\circ\text{C}$ ниже климатической нормы. В среднем этот период оказался на $1,2^\circ\text{C}$ теплее климатической нормы.

Наиболее значительное повышение температуры приходится в основном на первые четыре месяца года (см. рис. 1.18). Положительная аномалия максимальна в январе ($+2,5^\circ\text{C}$), в феврале и марте она равна $+2,1^\circ\text{C}$, в апреле составляет $+1,7^\circ\text{C}$.

В среднем более теплыми оказались и летние месяцы, хотя положительные отклонения месячных температур от нормы здесь несколько меньше: $+0,8^\circ\text{C}$ в июне, $+1,4^\circ\text{C}$ в июле и $+1,3^\circ\text{C}$ в августе (рис. 1.19). Однако следует

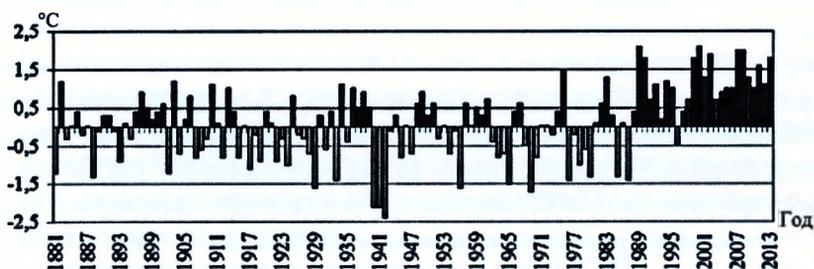


Рис. 1.18. Отклонение средней годовой температуры воздуха от климатической нормы ($t_{cp} = 6,9^\circ\text{C}$) по МЦГМ Пинск, 1881–2013 гг.

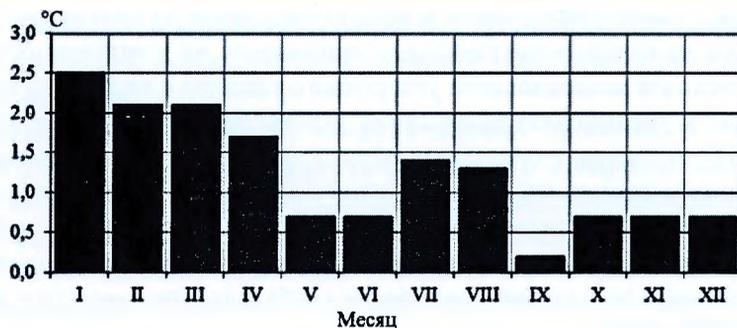


Рис. 1.19. Отклонение средней месячной температуры воздуха от климатической нормы по МЦГМ Пинск

отметить, что в отдельные годы аномалия летних месяцев может превышать 4°C (июнь 1999 г., июль 2010 г., август 1992 г.). Только в сентябре положительные отклонения температуры воздуха составили $+0,2^{\circ}\text{C}$. Еще одной особенностью этого периода потепления является то, что средняя месячная температура декабря и февраля стала практически одинаковой (февраль стал холоднее декабря лишь на $0,1^{\circ}\text{C}$), хотя до периода потепления февраль был холоднее декабря на $2,5^{\circ}\text{C}$.

Положительные аномалии первых весенних месяцев приводят к более раннему сходу снежного покрова и переходу температуры воздуха через 0°C в сторону повышения. В среднем за рассматриваемый период этот переход происходил на 11 дней раньше средних многолетних значений. Однако это средние даты, а в 46 % рассматриваемых лет переход через 0°C отмечен до конца февраля, в 20 % лет – до конца января. На декаду раньше начинается вегетационный период.

Высокие аномалии апреля и сравнительно низкие мая повысили опасность весенних заморозков, которые происходят на фоне активно вегетирующих растений. По средним многолетним данным в Пинске 1-я декада мая теплее 3-й декады апреля на $2,6^{\circ}\text{C}$. Однако в период потепления эта тенденция в 30 % лет менялась на диаметрально противоположную, когда температура 1-й декады мая оказывалась ниже температуры 3-й декады апреля. Отмечающиеся при этом майские заморозки наносят значительный ущерб сельскохозяйственному производству.

Осадки. Большие изменения на протяжении столетия характерны и для режима увлажнения. Активное потепление конца XX в. практически не отразилось на средней годовой сумме выпадающих осадков (рис. 1.20). Климатическая норма осадков по МЦГМ Пинск за год составляет 617 мм. За период потепления в среднем выпало 622 мм или 101 % климатической нормы, близкими к норме оказались и средние суммы осадков как теплого, так и холодного периодов года.

Если в отмеченный период потепления средние суммы осадков не претерпели значительных изменений, то заметно увеличилась неравномерность вы-

1. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ...

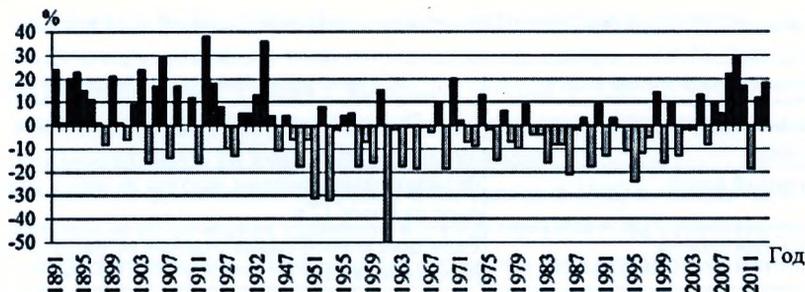


Рис. 1.20. Отклонение годовых сумм осадков от климатической нормы ($P_{cp} = 617$ мм) по МЦГМ Пинск, 1891–2013 гг.

падения осадков, как внутри года, так и в целом за отдельные годы. Примерно в половине лет (1989–2013 гг.) в бассейне Ясельды отмечались засушливые условия на протяжении двух и более месяцев в период активной вегетации растений. Недобор осадков сопровождался повышенным температурным режимом, что усилило неблагоприятные для сельского хозяйства последствия.

В то же время в этот 25-летний период отмечаются и исключительно влажные годы и периоды. Так, в 2009 г. обильными были осадки на протяжении всего года, но особенно влажными стали июнь и июль, когда за эти месяцы выпало более 1,5 нормы осадков. Обильные осадки отмечены во второй половине лета 2006 г.

Активное потепление конца XX в. практически не отразилось на средней годовой сумме выпадающих осадков (101 % нормы), близкими к норме оказались и средние суммы осадков как теплого, так и холодного периодов года. Особенностью изменения климата за последние десятилетия является усиление экстремальности гидрометеорологических явлений: засух, обильных осадков, теплых зим.

Опасные метеорологические явления. Природные процессы и явления, возникающие в атмосфере под действием различных природных факторов или их сочетаний, оказывающие или могущие оказать поражающее воздействие на людей, сельскохозяйственных животных и растения, объекты экономики и окружающую природную среду, называются *опасными метеорологическими явлениями (ОМЯ)*.

В табл. 1.28 приведен перечень ОМЯ с количественными критериями, принятый в государственной гидрометеорологической службе.

Ежегодно на территории бассейна Ясельды, как и на всей территории Беларуси, возникают различные *стихийные гидрометеорологические явления (СГЯ)*, которые наносят значительный экономический и экологический ущерб, приводят к человеческим жертвам.

Рассмотрим некоторые явления более подробно [230].

Сильный ветер или шквал. Шквалом называется резкое увеличение скорости ветра в течение короткого времени, сопровождающееся изменением его

Таблица 1.28. Перечень опасных метеорологических явлений и их критерии

Опасное метеорологическое явление	Критерий опасного метеорологического явления
Очень сильный ветер, в том числе шквал и смерч	Максимальной скорости ветра 25 м/с и более
Очень сильный дождь	Величина атмосферных осадков не менее 50 мм за период не более 12 ч
Очень сильный ливень	Величина атмосферных осадков не менее 30 мм за период не более 1 ч
Продолжительный очень сильный дождь	Величина атмосферных осадков не менее 100 мм за период более 12 ч, но менее 48 ч
Очень сильный снег	Величина атмосферных осадков не менее 20 мм за период не более 12 ч
Сильная метель	Перенос снега при значениях средней скорости ветра 15 м/с и более продолжительностью не менее 12 ч при видимости менее 500 м
Сильный гололед	Слой льда на проводах стандартного гололедного станка диаметром 20 мм и более
Сильное налипание мокрого снега и сильное сложное отложение (слой льда, изморози и мокрого снега)	Отложение на проводах стандартного гололедного станка диаметром 35 мм и более
Крупный град	Диаметр градин 20 мм и более
Заморозки	Понижение температуры воздуха (или поверхности почвы) до значений ниже 0 °С в период активной вегетации сельскохозяйственных культур, приводящее к их повреждению или гибели (после перехода среднесуточной температуры через значение +10 °С в сторону повышения весной и до перехода ее через значение +10 °С в сторону понижения осенью)
Очень сильный мороз	Минимальная температура воздуха –35 °С и ниже
Засуха	Сочетание значений высоких температур воздуха, дефицита атмосферных осадков, низкой влажности воздуха, малых влагозапасов в почве в течение одного месяца и более, приводящее к значительному снижению урожая или гибели сельскохозяйственных культур
Сильная пыльная буря	Перенос большого количества густой пыли или песка сильным ветром при значениях преобладающей скорости ветра не менее 15 м/с продолжительностью более 12 ч
Очень сильная жара	Максимальная температура воздуха +35 °С и выше
Сильный туман	Видимость 50 м и менее продолжительностью не менее 12 ч

направления. Нарастание ветра происходит обычно в течение нескольких секунд. Скорость ветра при шквале значительно больше градиентной и нередко достигает 20–40 м/с, а иногда и более. Продолжается шквал несколько минут, как правило, в виде одиночного явления. Значительно реже шквалы могут следовать друг за другом в одном и том же районе.

Сильный ветер в бассейне Ясельды регистрируется в среднем 1–2 случая в год. Наибольшее число случаев приходится на ноябрь – 19 %. Каждые 5 лет возможен в любой точке 1 день с сильным ветром, в 3,5–5,5 % лет – 2–3 дня, в 0,7 % лет – 5 дней, в 0,7 % лет – 7 дней, и в среднем в любом пункте области в 0,4 % лет может быть 10 дней с сильным ветром.

Максимальное количество шквалов отмечалось в 1980 г., после чего произошло уменьшение количества шквалов и с 1987 по 1994 г. на территории данное явление не фиксировалось. При этом наблюдается некоторая цикличность с периодом в 10 лет.

Прохождение шквалов приурочено в основном к западной и восточной части бассейна.

В бассейне Ясельды это явление наблюдается с апреля по сентябрь, 78 % всех случаев отмечается в июне–июле.

В среднем по отдельным участкам бассейна Ясельды в 57 % лет разрушительный шквал не наблюдался, в 20 % лет (раз в 5 лет) он может отмечаться 1 день в году, в 11 % лет – 2 дня, в 8,6 % лет – 3 дня, в 2,9 % лет может быть 4 дня в году с разрушительным шквалом. Из 35 лет обобщения 15 лет со шквалами были в верховье Ясельды и 12 лет в низовье. Повторяемость шквалов хотя бы в одном из участков водосбора составляет 71 % [181].

Один из разрушительных шквалов в бассейне наблюдался в июне 1972 г., скорость ветра достигала 25–35 м/с, он охватил юг Беларуси нанеся большой ущерб.

Разрушительный ураган пронесся над Волынской областью Украины, а также над Брестской и Минской областями Беларуси 23 июня 1997 г. Сила ветра тогда составляла не менее 32 м/с. Ураган принес масштабные разрушения и человеческие жертвы. В бассейне Ясельды наиболее пострадали Ивановский и Ивацевичский р-ны.

Поломанные и вырванные с корнями деревья, оборванные линии электропередач и связи, а в сельской местности еще и сорванные с домов крыши, разрушенные сельскохозяйственные постройки, поврежденные трансформаторные подстанции – последствия очень сильного ветра. Среди опасных явлений погоды очень сильный ветер находится на первом месте по величине причиняемого ущерба.

Сильные дожди. Ливневые осадки часто сопровождаются грозами, а также выпадением крупы и града. В результате конвекции происходит образование кучевых и кучево-дождевых облаков, ливневых осадков, гроз. Эти явления связаны между собой, но точно сказать, что ливневые осадки будут сопровождаться грозами нельзя. Как правило, ливневые дожди проходят в теплое время года.

В течение года сильный дождь в бассейне Ясельды выпадает, как правило, с апреля по сентябрь; 40 % случаев приходится на июль, 34 % случаев – на август, 14 % случаев – на июнь (т. е. 88 % на летний период). В среднем по отдельным

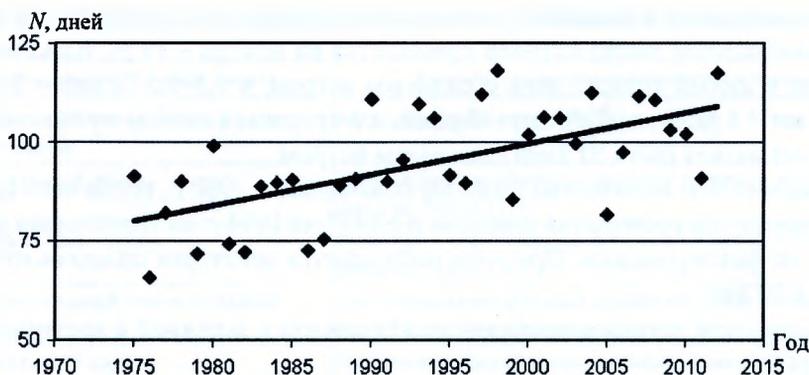


Рис. 1.21. Годовой ход ливневых дождей в бассейне Ясельды

участкам в 89 % лет сильный дождь не наблюдается, в 10 % лет он может отмечаться на любом участке 1 день в году, в 1,1 % лет может быть 2 дня с сильным дождем.

За последние 30 лет наблюдается рост количества дождей ливневых (рис. 1.21). Если по бассейну Ясельды с 1975 по 1990 г. регистрировалось в среднем 85 случаев ливневого дождя, то за период с 1991 по 2006 г. – 109.

Больше всего ливневых дождей в бассейне Ясельды проходит по югу и юго-востоку. Это связано с тем, что для образования ливневых дождей требуется не только большая неустойчивая стратификация атмосферы и сильная конвекция, но и большая водность облаков, которая убывает с ростом широты вследствие понижения температуры.

Очень сильные дожди и ливни отмечались в 10 % лет, в основном в летние месяцы. Анализ синоптических ситуаций показал, что очень сильные дожди, как правило, наблюдались при прохождении через территорию Беларуси активных холодных фронтов с волнами и фронтов окклюзии в основном с юго-запада и реже – с запада, а также при перемещении циклонов с юго-запада и юга.

Суточный максимум осадков, зарегистрированный по метеостанции Пинск за весь период наблюдений, отмечен 6 июля 2007 г. и составил 96 мм. Причем, этот дождь начался в 8 ч 20 мин 5 июля и длился до 21 ч 15 мин 6 июля. В течение почти 37 часов выпало 130 мм осадков.

Ливневые дожди приводят к полеганию сельскохозяйственных полей, нарушению движения транспорта, могут вызвать размыв дорог, затопление, паводок.

Грозы – часто наблюдаемое опасное явление. Их опасность усугубляется тем, что они обычно сопровождаются обильными дождями. В среднем в отдельном пункте по республике в течение года наблюдается 25–30 дней с грозой. Число таких дней несколько возрастает к югу, что связано с повышением в этом направлении температуры воздуха в теплый период года, ростом влагосодержания воздуха над территорией Полесской низменности, большей ее залесенностью [90]. Свыше 99 % гроз приходится на теплый период года: с апреля

по сентябрь. Гроза – локальное явление. Район, охватываемый грозой, составляет в среднем 500–600 км². Максимальное число дней в месяце с грозой, с мая по июль, в среднем по территории бассейна Ясельды – 14. Максимальное число дней с грозой за месяц и год наблюдалось в низовье реки в июле 1973 г. и равнялось 19 дням, а для года составило 49 и 48 дней в 1955 и 1975 г. соответственно.

В повторяемости гроз по территории бассейна Ясельды отмечается два пика 1985 и 2000, 2009–2010 гг., когда среднегодовое количество гроз было максимальным за более чем 30-летний период наблюдений. Так, в 1985 г. в бассейне за год в среднем прошло 34 случая с грозой, а в 2000, 2009, 2010 г. – по 36. Отмечались также два минимума – в 1976 и 1992 г., соответственно 16 и 17 случаев прохождения грозы по данной территории. В настоящее время наблюдается тенденция к уменьшению количества гроз в бассейне Ясельды.

Больше всего гроз отмечается в северо-западных и северо-восточных районах бассейна. Это, по-видимому, связано с Барановичской аномалией электропроводности [91].

Сильный снегопад. Для территории бассейна Ясельды сильный снегопад – крайне редкое неблагоприятное метеорологическое явление. За период наблюдений с 1966 по 2000 г. оно регистрировалось лишь дважды, причем фиксировался сильный снегопад только в одном пункте – г. Пружаны.

Чаще всего сильные снегопады проходят по западной части бассейна Ясельды. В первую очередь это связано с западным переносом воздушных масс и влиянием самого бассейна.

В последние десятилетия в связи с потеплением климата сильные снегопады в бассейне Ясельды наблюдались очень редко. Так, за 48 лет наблюдений зафиксировано лишь два случая сильного снегопада.

Метелью называется перенос снега над земной поверхностью ветром достаточной силы. Метель с усилением скорости ветра до 15 м/с и более продолжительностью не менее 12 ч считается опасным метеорологическим явлением. Метели причиняют значительный экологический и экономический ущерб. Они нарушают равномерное распределение снежного покрова на полях: оголяют возвышенные места и образуют сугробы в низких местах. В результате неравномерного залегания снега озимые посевы и многолетние травы на возвышенных местах могут вымерзнуть, а в низких местах пострадать от выпревания и вымокания. Метели в зависимости от их интенсивности являются опасным явлением для авиационного, железнодорожного и автомобильного транспорта.

Чаще всего метели в Беларуси возникают при перемещении циклонов с запада на восток (приблизительно 50 % от их общего числа). Около 25 % метелей связано с перемещением циклонов с северо-запада и севера на юг и приблизительно такое же количество – с выходом южных циклонов к северу. Иногда метели могут образовываться на периферии мощного стационарного антициклона; в этих случаях они наиболее продолжительны.

В бассейне Ясельды, хотя бы в одной из его точек, сильная метель возможна примерно один раз в 3 года [181]. Максимальное количество дней с метелями приходится на конец 1970-х – начало 1980-х годов, а минимальное – на начало 1990-х годов. Такая же картина повторяемости характерна и для других речных бассейнов Полесья.

На январь–февраль приходится 4/5 всех наблюдаемых явлений, фиксировались они и в декабре, а в 1968 г. на ряде станций отмечены сильные метели в апреле. В среднем по пункту в 89 % лет сильная метель не наблюдалась, в 4,7 % лет возможен 1 день в году с сильной метелью, в 3,6 % лет – 2 дня, в 1,5–2,5 % лет – 3–4 дня.

Максимальное количество метелей приурочено к центральной части бассейна; оно уменьшается к его периферии и с севера на юг.

В последние десятилетия в связи с потеплением климата сильных метелей не только в бассейне Ясельды, но и на всей территории Беларуси не отмечалось. Из 37 лет наблюдений метель отмечалась лишь в 5 годах (14 % лет).

Сильные гололедно-изморозевые отложения. Стихийным явлением они считаются при диаметре гололеда не менее 20 мм смешанного отложения (т. е. отложения гололеда и изморози) на проводе гололедного станка. В бассейне Ясельды это редкое явление, его повторяемость хотя бы в одной точке бассейна составляет 9 %. В годовом ходе 62 % всех случаев фиксировались в феврале, 25 % – в январе и 13 % – в ноябре. В среднем по пункту 99 % лет эти явления не наблюдались, в 1 % лет это явление может наблюдаться в любой точке бассейна 1–2 дня в году.

Крупный град. За последние 48 лет в низовьях Ясельды зарегистрирован случай крупного града 30 мая 1984 г. Он начался в 19 ч и продолжался 30 мин. Размеры градин достигали 20 мм. Градом были повреждены посевы сельскохозяйственных культур. В это время через центральные районы республики проходил малоподвижный фронт с волнами. Одна из волн находилась южнее Бреста. Град в отдельных районах Брестской обл. наблюдался в зоне фронта вблизи вершины волны.

Заморозки – кратковременные понижения температуры приземного слоя воздуха и поверхности почвы в вегетационный период до 0 °С и ниже. Активная вегетация растений происходит после устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через +10 °С.

В бассейне Ясельды средняя дата этого перехода колеблется между концом апреля и началом мая, поэтому заморозки становятся опасными уже в 1-й декаде мая. Практическое значение имеет и продолжительность заморозков: длительные заморозки повреждают растения сильнее, чем кратковременные [215].

Наиболее опасными для сельскохозяйственных культур считаются поздние весенние, летние и ранние осенние заморозки, которые на территории бассейна образуются при радиационном выхолаживании приземных слоев воздуха в ясные и тихие ночи.

Заморозки в бассейне Ясельды регистрируются ежегодно и повторяемость их составляет в среднем 3–4 случая в год. Возникают они, как правило, с мая по сентябрь, но наибольшая повторяемость (53 % случаев) приходится на май. В этом месяце среднемесячная температура воздуха в бассейне составляет 10–13 °С, что близко к тем значениям среднесуточной температуры (6–10 °С), при которых возникают заморозки на обширной территории. Воздух северных широт в мае значительно холоднее, чем в средних широтах, поэтому при небольшой северной составляющей холодный воздух с температурой, близкой к 0 °С, легко устремляется на территорию бассейна. В этом воздухе при антициклоническом поле над бассейном в ночные часы происходит дополнительное радиационное выхолаживание, в результате чего температура поверхности почвы и воздуха опускается до отрицательных значений.

По мере прогревания подстилающей поверхности и воздуха от мая к июню вероятность возникновения заморозков резко уменьшается (до 5 %), что составляет среднюю их повторяемость 1 раз в 5–6 лет. В отличие от средней повторяемости заморозки на обширных территориях в июне не возникают десятилетиями (1968–1981 гг.) или могут повторяться несколько лет подряд (1982, 1983, 1984 гг.).

Как правило, в июле заморозков практически не бывает, но при резком похолодании они могут возникать на осушенных торфяно-болотных почвах, как в 1968 г. В результате на сотнях гектаров были повреждены посевы картофеля, кукурузы, свеклы и других сельскохозяйственных культур. В августе вероятность заморозков на обширных площадях составляет всего лишь 2 %, что соответствует их средней повторяемости 1 раз в 13–14 лет. В сентябре по сравнению с августом и по мере понижения средней суточной температуры воздуха отмечается значительный рост вероятности появления заморозков (до 39 %), что составляет среднюю повторяемость 1–2 раза в год. Однако отмечались годы, когда заморозки в сентябре не возникали.

Продолжительность периода заморозков варьирует от 1 до 4 ночей, что соответствует продолжительности волн холода, поэтому заморозки в теплый период возникают в связи с прохождением холодного фронта на территории республики.

Сильный мороз. Очень сильный мороз как опасное явление для бассейна р. Ясельды – явление достаточно редкое, происходит примерно 1 раз в 10 лет и чаще отмечается на северо-востоке водосбора. В восточной части бассейна в 1970 г. в январе регистрировалась температура –38,2 °С, в феврале 1978 г. она достигла –35,3 °С. Реже сильные морозы отмечаются в центральной и западной части бассейна – один случай в 20 лет. По метеостанции Пружаны минимальные температуры были зафиксированы в 1950, 1970, 1987 г. в январе и составили –37,7 °С, –34,2 °С, –33,3 °С соответственно. Еще реже данное явление регистрируется на юге за 89 лет обобщения по метеостанции Пинск температура воздуха опускалась в январе до отметки –34,7 °С, –31,7 °С и –32,3 °С в 1950, 1954 и 1970 г. соответственно.

Засухи и засушливые явления. Засуха – весенне-летнее иссушение почвы. Засухи, возникая под влиянием перегрева воздуха над некоторым районом, одновременно связаны с процессами в атмосфере очень крупного масштаба, создающими длительное бездождье.

Засуха и засушливые явления характеризуются сухой и жаркой погодой. Дневная температура воздуха повышается до 30–33 °С, а в 1992 г. она достигала 35–37 °С. Относительная влажность удерживается на отметке около 30 %, а в отдельные дни периода понижается до 15 % и ниже. Дожди в небольшом количестве выпадают крайне редко и носят кратковременный характер. Естественно, что на влагообеспеченность растений они влияния почти не оказывают, так как при вышеупомянутых условиях выпавшая влага быстро испаряется. Запасы влаги в почве в периоды засух становятся критическими: в пахотном слое содержится менее 10 мм, в полуметровом – менее 25 мм. Температура почвы повышается на глубине 10 см до 23–27 °С. При такой температуре происходит полное иссушение верхнего слоя почвы, запасы полезной влаги снижаются до нуля, и наступает не только атмосферная, но и почвенная засуха.

В Беларуси засушливым периодом принято считать период, когда в течение более 5 дней подряд температура воздуха удерживается выше 25 °С, а относительная влажность днем составляет 30 % и ниже. Такие условия отмечаются в бассейне Ясельды ежегодно.

Засуха может возникать в любое время с конца апреля по август. Засушливые явления редко возникают в апреле, так как после зимы в почве еще имеется достаточно влаги. С мая, в результате быстрого прогревания почвы, происходит интенсивное испарение влаги, а так как на май в бассейне приходится максимум сухих дней и наименьшая в году относительная влажность, то число случаев засухи резко увеличивается. Продолжительность засушливого периода колеблется от 7 до 60 дней. Повторяемость засух увеличивается с севера на юг и отмечается в среднем 1 раз в 3 года.

Сильная жара. За период инструментальных наблюдений сильная жара как стихийное явление в бассейне Ясельды отмечалась редко. Так, за период с 1945 по 2000 гг. данное явление наблюдалось в 13 % лет; при этом очень сильная жара отмечалась в 9 % лет. В годовом ходе 61 % всех случаев приходится на август и 39 % на июль, что приурочено к западной и юго-западной частям бассейна. Температурные максимумы были зарегистрированы по метеостанции Пружаны +36,0 °С в июле 1994 г., а по метеостанции Пинск +36,3 °С в августе 1905 г. (из 94 лет обобщения).

Начало XXI в. отличалось температурными рекордами: в аномально жарком августе 2010 г. был установлен новый абсолютный максимум температуры воздуха для территории Беларуси (+39 °С в Гомеле). Однако в Пинске в самые жаркие дни 14 и 15 августа столбики термометров лишь приблизились к отметке +35 °С.

Туман – одно из опасных явлений погоды для многих отраслей хозяйства, в первую очередь для транспорта. В зависимости от причин образования раз-

личают радиационные туманы (радиационное выхолаживание, сопровождающееся конденсацией водяных паров) и адвективные (приход сравнительно теплых, влажных воздушных масс на холодную деятельную поверхность, охлаждение и конденсация).

Радиационные туманы чаще всего возникают в замкнутых котловинах, вокруг озер, на лугах. Адвективные туманы более характерны для возвышенностей республики. При положительных температурах туман образуется при относительной влажности от 97 до 100 %. При температуре ниже 0 °С туман возникает в результате конденсации (сублимации) водяного пара на гигроскопических ядрах или замерзших каплях. Наиболее часто туман образуется при охлаждении воздуха путем теплообмена с земной поверхностью.

Для бассейна Ясельды туманы – явление не редкое: в среднем за год наблюдается около 48 случаев. В 1982 и 1989 г. отмечалось 66 и 67 случаев соответственно, т. е. в среднем 1 случай в неделю. В то же время сильный туман, как ОМЯ, на территории бассейна не так часто отмечается – 10 случаев за 24 года обобщения наблюдений [181].

Туманы на территории бассейна Ясельды наблюдаются в основном с октября по март, 2/3 всех случаев приходится на октябрь–ноябрь. Минимум дней с туманами бывает летом, особенно в июне (0,5–1,0 день с туманом). Однако в отдельные годы туманы отмечаются и в теплое время года. Так, максимальная продолжительность туманов (около 53 ч) имела место в низовье реки в июле 2001 г.

1.5. Водные ресурсы

Под водными ресурсами речного водосбора понимают запасы поверхностных и подземных вод. При количественной оценке водных ресурсов используют два понятия: статические (вековые) запасы и возобновляемые (динамические) водные ресурсы. Считается, что в современных климатических условиях статические запасы практически неизменны. Возобновляемые водные ресурсы изменяются во времени в процессе круговорота воды. Количество их оценивается годовым стоком рек.

В бассейне Ясельды водными ресурсами являются все воды гидросферы: рек, озер, каналов, водохранилищ, подземные воды, влага почвенная, водяные пары атмосферы. Основным источником водных ресурсов в бассейне Ясельды являются атмосферные осадки, которые образуют поверхностный сток, заполняют озерные котловины, пополняют запасы подземных вод.

Подземные воды. Территория бассейна Ясельды согласно схеме гидрогеологического районирования Беларуси находится в пределах Белорусского гидрогеологического массива Брестского артезианского бассейна Полесского гидрогеологического района [37]. В пределах данных гидрогеологических таксонов наблюдаются разные мощности гидрогеологических разрезов, различные условия формирования подземных вод и их химический состав. Вертикальный