

Аналитический документ

Анализ среднемноголетних и расчетных значений по месяцам и за год природного стока р. Днестр в створе Днестровской ГЭС- 2 (F-40500км²) за многолетний период наблюдений с 1895 по 2017 гг.

(представлен Молдавской Стороной Комиссии по устойчивому использованию и охране реки Днестр)

Настоящий отчет разработан в ответ на документ „Среднемноголетние и расчетные значения по месяцам и за год природного стока р. Днестр в створе Днестровской ГЭС-2 (F-40500км²) за многолетний период наблюдений с 1895 по 2017 гг.”, представленный на втором заседании Комиссии по устойчивому использованию и охраны реки Днестр в апреле 2019 года. Цель данного отчета состоит в оценке минимального расхода воды, что следует сбрасывать в нижний бьеф Днестровского гидроэнергетического комплекса. Главными задачами являлись:

1. Анализ ежемесячных расходов воды при 80%, 90%, 95% и 99%-ной обеспеченности в створе Днестровской ГЭС-2 (F-40500км²)
2. Оценка предложений Украинской Стороны в отношении минимального среднесуточного попуска через гидросооружения буферного гидроузла
3. Разработка предложений Молдавской Стороны по минимальному среднесуточному попуску через гидросооружения буферного гидроузла

Главной базой данных был гидрологический ряд данных ежемесячных расходов воды в створе ГЭС-2 (F-40500км²) за период 1895-2013 гг., представленный Украинской Стороной в 2019 году (2931/3/5/11-19 от 24.05.2019), а также ежедневные расходы воды у поста Залещики (F-24600км²) за период 1895-2016 гг. Данные по посту Залещики частично были представлены Украинской Стороной и частично были собраны из гидрологических ежегодников, которые хранятся в архиве Гидрометеорологической службы Республики Молдова.

Методологической основой для определения расходов воды 80%, 90%, 95% и 99%-ной обеспеченности послужил нормативный документ «*Определение расчетных гидрологических характеристик СНиП 2.01.14-83. Москва, 1985.*», который действует на территории Украины, а также нормативный документ Молдовы «*Определение гидрологических характеристик для условий Республики Молдова СР D.01.05-2012*», который был принят в 2013 г. Следует отметить, что рекомендации в обоих документах по определению расходов различных вероятностей являются в основном одними и теми же.

На базе перечисленных материалов и методологических рекомендаций был сделан расчет, результаты которого сравнили со значениями, представленными Украинской Стороной (табл. 1 и 2). Главный вывод сопоставления таблиц заключается в том, что данные схожи, разница между ними не является существенной. Для сравнения и для анализа качества данных были определены расходы различных вероятностей у поста Залещики. В графике ниже (рисунок 1) представлены результаты определения расходов различной вероятности у постов Залещики и ГЭС-2 и разница между ними, на основе которых можно сделать вывод, что с увеличением площади бассейна и притока воды увеличивается и расход воды составляет, в среднем на 14-40 м³/с.

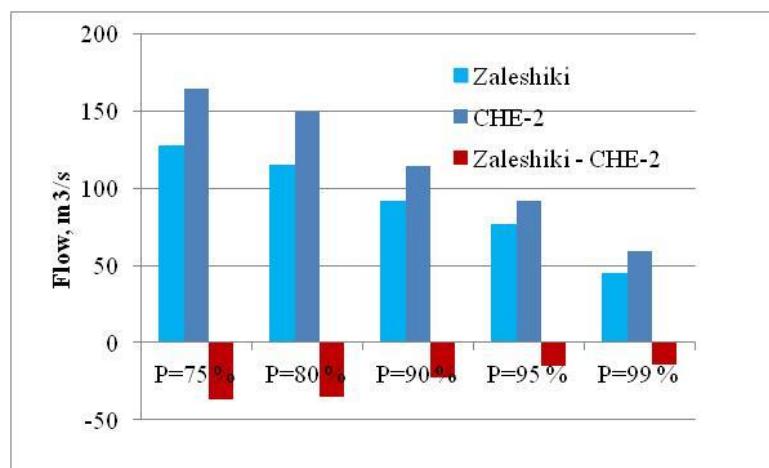


Рисунок 1. Расходы воды различной обеспеченности у постов Залешики и ГЭС-2 и разница между ними

Следующим этапом исследований был анализ минимального среднесуточного попуска через гидросооружения буферного гидроузла, предложенного Украиной, и разработка предложений по этому вопросу Республикой Молдова.

Вопросы о минимальных расходах воды и, соответственно, разногласия по этому поводу между обеими сторонами появляются в основном в период наступления межени. Данная фаза гидрологического режима характерна для летне-осеннего и зимнего периодов. Именно в этот промежуток времени естественные расходы воды снижаются по причине уменьшения источников питания воды (количества выпадающих осадков в Карпатах, и др.). Следует отметить, что в летний период уменьшение количества воды связано и с высоким испарением с водной поверхности, что приводит к определенным потерям объемов воды. Соответственно, важнейшим фактором для принятия решений по определению сброса минимального расхода воды является не только приток к водохранилищу, но и состояние реки, экосистем и экономических потребностей в нижнем бьефе. Имея в виду тот факт, что одной из задач Днестровского гидроэнергетического узла является регулирование стока, важнейшим периодом для обеспечения водой населения и экосистем в нижнем бьефе считается именно период межени и засух, частота которых в последние десятилетия возросла.

Украиной Стороной было предложено, что в случае появления расходов воды 99 %-ной обеспеченности, минимальный расход воды, сбрасываемый в нижний бьеф Днестровского гидроэнергетического узла, составит $100 \text{ м}^3/\text{с}$ для всех месяцев. Следует отметить, что расход воды 99 %-ной обеспеченности варьирует от 33 до $101 \text{ м}^3/\text{с}$ в течение года. Минимальные расходы воды определены для осенне-зимнего периода, а максимальные - в пределах $90\text{-}101 \text{ м}^3/\text{с}$ для весеннего периода. В правилах эксплуатации Днестровских водохранилищ 1987 года указано, что минимальный расход воды не допускается ниже отметки $100 \text{ м}^3/\text{с}$. Нами был проведен анализ ежедневных данных расходов воды у поста Залешики, для того, чтобы определить среднее количество дней, при которых расход воды ниже указанного значения. Было выявлено, что вероятность появления данных расходов воды мала в период с марта по август и составляет от 1 до 9 дней. В остальные месяцы среднее количество дней увеличивается до 12-15. Соответственно можно предположить, что увеличение минимального расхода воды за весенний период до $130 \text{ м}^3/\text{с}$ не повлияет существенно на объемы Днестровского водохранилища. В данном контексте среднее количество дней с расходами воды меньше

130 м³/с увеличивается от 4 до 8 дней в марте, от 1 до 2 дням в апреле, и от 2 до 5 дням в мае, т.е. не существенно. В соответствии с выше сказанным, считается уместным, признание того факта, что минимальный расход воды должен варьировать в течении года. Соответственно, для ситуации возникновения притока воды 99%-ной обеспеченности, сброс воды в 100 м³/с может проходить с июня по февраль, а в весенний период его можно увеличить до 130 м³/с. Компенсирующий расход в этом случае будет составлять в пределах 48 м³/с в среднем по году, а в течении месяцев будут варьировать в пределах 29-38 м³/с в пределах весеннего периода, и 38-67 м³/с - в остальные месяцы.

Используя тот же принцип, были проанализированы предложения по сбросам воды в случае возникновения естественного притока 75%, 80%, 90%, 95% -ной обеспеченности. Таким образом, расход воды при 95%-ной обеспеченности, равен 104 м³/с, как предложено украинской стороной, для сброса через гидротехнические сооружения. При этом приток варьирует в пределах 56-159 м³/с. В этом случае, предлагается увеличить сбрасываемый расход воды в весенне-летний период до 130 м³/с. Данное значение ниже на 11-29 м³/с притока воды 95%-ной обеспеченности, рассчитанного для марта, апреля и мая, и больше на 33-54 м³/с для июня, июля и августа.

В случае притока 90%-ной обеспеченности, предлагаемый украинской стороной сбрасываемый расход составляет 108 м³/с. Данный расход воды считается необходимым увеличить для весенне-летнего периода до 150 м³/с, так как в этот период вариация расхода воды 90%-ной обеспеченности составляет от 101 м³/с до 206 м³/с. Соответственно, в весенний период предлагаемый расход воды будет ниже на 18-56 м³/с притока, а в летний - выше на 27-49 м³/с.

В случае притока 80%-ной обеспеченности минимальный сброс воды, предлагается расход 130 м³/с. Это значение считается уместным для периода с сентября по февраль. В остальные месяцы, когда расход воды превышает это значение, необходимо увеличить минимальный расход воды до 170 м³/с. Соответственно, в весенний период предлагаемый расход будет меньше, чем расход 80%-ной обеспеченности на 38-106 м³/с, что позволит накопить воду в водохранилище, а в летний период он будет меньше на 8-41 м³/с.

Что касается предложенных сбрасываемых расходов воды 75%-ной обеспеченности, ситуация не определена, так как в проекте Правил эксплуатации 2017 года, значение равняется 160 м³/с, а в проекте Правил эксплуатации 2021 года значение равняется 130 м³/с. Считаем, что за основу следует брать расход воды, равный 160 м³/с, и предлагаем повысить его до 200 м³/с весенне-летний период. В этом случае, расходы воды 75%-ной обеспеченности будут выше, чем указанное значение, на 25-106 м³/с в весенний период, и ниже на 20-59 м³/с в летний период.

Результаты расчетов расходов воды различной обеспеченности, полученные Украинской и Молдавской Стороной, представленные в таблицах 1 и 2, предложения по минимальному расходу воды в таблицах 3 и 4, компенсирующие расходы для обеих предложений показаны в таблице 5 и 6, соответствующие графики представлены на рисунках 2-11.

Таблица 1. Расчетные значения расходов воды различной обеспеченности, расчеты выполнены Украиной

Месяцы	Среднеголетнее значение расходов воды, м³/с	Расчетные значения расходов воды, м³/с с обеспеченностью:				
		P=75%	P=80%	P=90%	P=95%	P=99%
Январь	168	105	95.2	71.9	56	33.4
Февраль	198	119	108	79.7	61	34.8
Март	392	257	235	182	146	92.2
Апрель	502	306	276	206	159	91.9
Май	345	225	208	168	141	101
Июнь	323	180	162	123	97.1	61.7
Июль	322	159	141	101	76.2	44.2
Август	245	141	129	102	83.9	59.3
Сентябрь	227	117	105	80	63.9	42.3
Октябрь	187	114	104	81.4	66.5	45.1
Ноябрь	206	128	117	92.6	76.2	52.5
Декабрь	185	117	108	85.7	71.1	49.7
Минимальный среднесуточный попуск через гидросооружения буферного гидроузла		130	130	108	104	100
Среднеголетнее значение расходов воды, м³/с		164	149	114	91	59

Таблица 2. Расчетные значения расходов воды различной обеспеченности, расчеты выполнены Молдовой

Месяцы	Расчетные значения расходов воды, м³/с с обеспеченностью:			
	P=80%	P=90%	P=95%	P=99%
I	100	79	65	45
II	107	80	62	37
III	235	186	153	105
IV	288	217	168	98
V	208	169	142	103
VI	167	127	100	64
VII	151	112	87	54
VIII	134	105	85	57
IX	111	86	70	48
X	104	79	62	38
XI	117	92	75	51
XII	108	86	71	49
-	-	-	-	-
Средний расход воды, м³/с	150	116	99	64

Таблица 3. Минимальный среднесуточный попуск через гидросооружения буферного гидроузла, предложение Украины

Месяцы	Минимальный среднесуточный попуск через гидросооружения буферного гидроузла, предложение Украины				
	P=75%	P=80%	P=90%	P=95%	P=99%
I	160	130	108	104	100
II	160	130	108	104	100
III	160	130	108	104	100
IV	160	130	108	104	100
V	160	130	108	104	100
VI	160	130	108	104	100
VII	160	130	108	104	100
VIII	160	130	108	104	100
IX	160	130	108	104	100
X	160	130	108	104	100
XI	160	130	108	104	100
XII	160	130	108	104	100
-	130	130	108	104	100
Средний расход воды, м³/с	160	130	108	104	100

Таблица 4. Минимальный среднесуточный попуск через гидросооружения буферного гидроузла, предложение Молдовы

Месяцы	Минимальный среднесуточный попуск через гидросооружения буферного гидроузла, предложение Молдовы				
	P=75%	P=80%	P=90%	P=95%	P=99%
I	160	130	108	104	100
II	160	130	108	104	100
III	200	170	150	130	130
IV	200	170	150	130	130
V	200	170	150	130	130
VI	200	170	150	130	100
VII	200	170	150	130	100
VIII	200	170	150	130	100
IX	160	130	108	104	100
X	160	130	108	104	100
XI	160	130	108	104	100
XII	160	130	108	104	100
-	-	-	-	-	-
Средний расход воды, м³/с	180	150	129	117	108

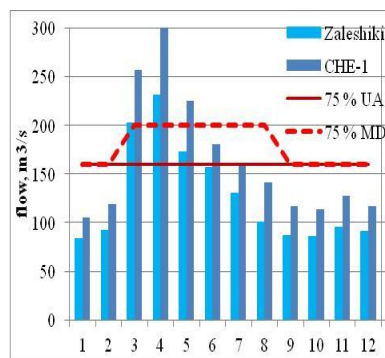


Рисунок 2. Расчетные значения расходов воды 75% обеспеченности

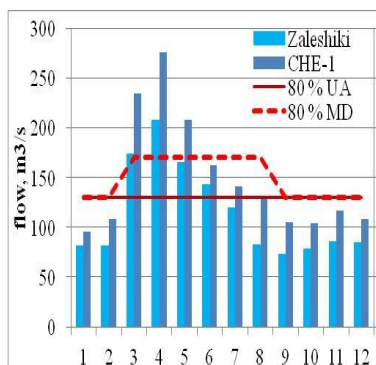


Рисунок 3. Расчетные значения расходов воды 80% обеспеченности

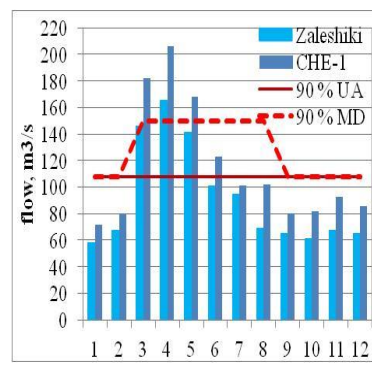


Рисунок 4. Расчетные значения расходов воды 90% обеспеченности

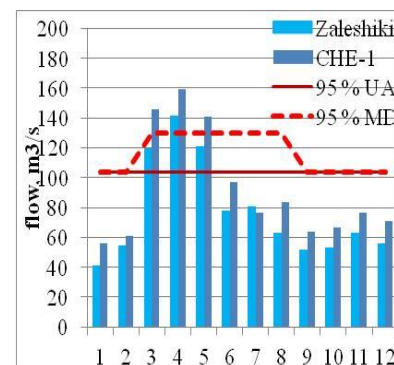


Рисунок 5. Расчетные значения расходов воды 95% обеспеченности

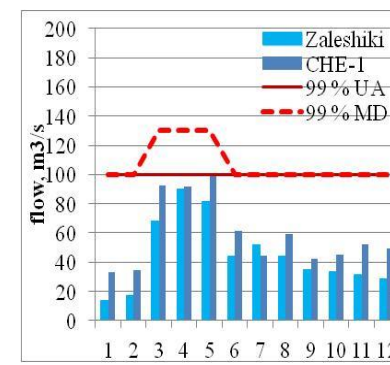


Рисунок 6. Расчетные значения расходов воды 99% обеспеченности

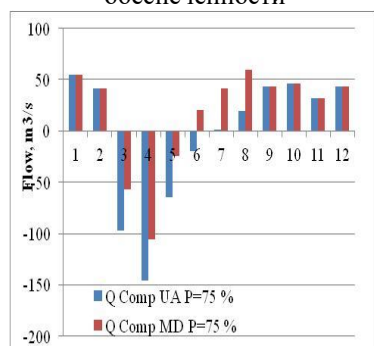


Рисунок 7. Компенсирующие расходы воды с Днестровского водохранилища при минимальном расходе воды 75% обеспеченности предложенными Украиной и Молдовой

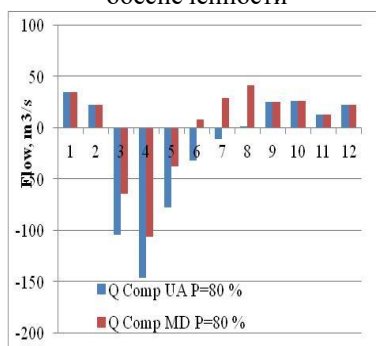


Рисунок 8. Компенсирующие расходы воды с Днестровского водохранилища при минимальном расходе воды 80% обеспеченности предложенными Украиной и Молдовой

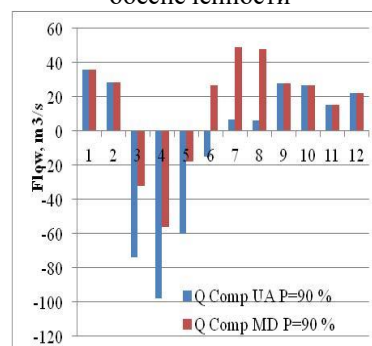


Рисунок 9. Компенсирующие расходы воды с Днестровского водохранилища при минимальном расходе воды 90% обеспеченности предложенными Украиной и Молдовой

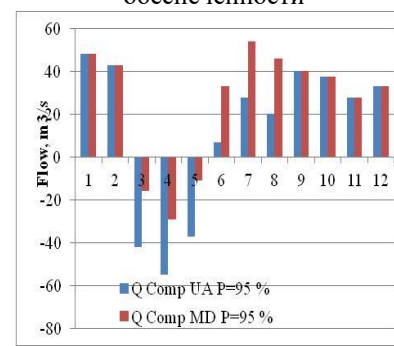


Рисунок 10. Компенсирующие расходы воды с Днестровского водохранилища при минимальном расходе воды 95% обеспеченности предложенными Украиной и Молдовой

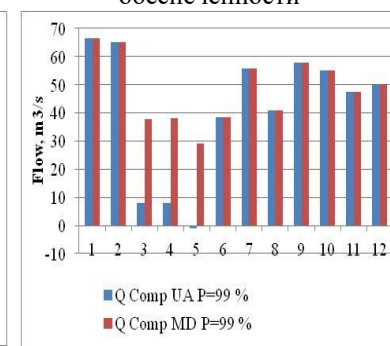


Рисунок 11. Компенсирующие расходы воды с Днестровского водохранилища при минимальном расходе воды 99% обеспеченности предложенными Украиной и Молдовой

Таблица 5. Компенсирующие расходы воды с Днестровского водохранилища при расходов воды различной обеспеченности, предложение Украины

Месяцы	Компенсирующие расходы воды с Днестровского водохранилища при расходов воды различной обеспеченности, предложение Украины				
	P=75%	P=80%	P=90%	P=95%	P=99%
Январь	55	34.8	36.1	48	66.6
Февраль	41	22	28.3	43	65.2
Март	-97	-105	-74	-42	7.8
Апрель	-146	-146	-98	-55	8.1
Май	-65	-78	-60	-37	-1
Июнь	-20	-32	-15	6.9	38.3
Июль	1	-11	7	27.8	55.8
Август	19	1	6	20.1	40.7
Сентябрь	43	25	28	40.1	57.7
Октябрь	46	26	26.6	37.5	54.9
Ноябрь	32	13	15.4	27.8	47.5
Декабрь	43	22	22.3	32.9	50.3
Средний расход воды, м ³ /	-4	-19	-6	13	41

Таблица 6. Компенсирующие расходы воды с Днестровского водохранилища при расходов воды различной обеспеченности, предложение Молдовы

Месяцы	Компенсирующие расходы воды с Днестровского водохранилища при расходов воды различной обеспеченности, предложение Молдовы				
	P=75%	P=80%	P=90%	P=95%	P=99%
Январь	55	34.8	36.1	48	66.6
Февраль	41	22	28.3	43	65.2
Март	-57	-65	-32	-16	37.8
Апрель	-106	-106	-56	-29	38.1
Май	-25	-38	-18	-11	29
Июнь	20	8	27	32.9	38.3
Июль	41	29	49	53.8	55.8
Август	59	41	48	46.1	40.7
Сентябрь	43	25	28	40.1	57.7
Октябрь	46	26	26.6	37.5	54.9
Ноябрь	32	13	15.4	27.8	47.5
Декабрь	43	22	22.3	32.9	50.3
Средний расход воды, м ³ /	16	1	15	26	48

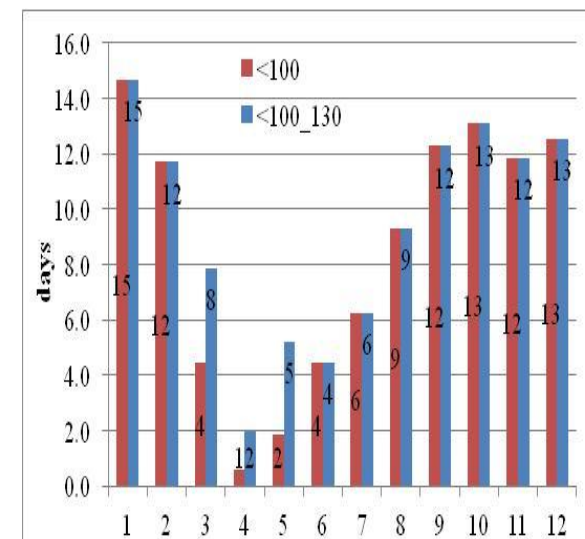


Рисунок 12. Среднее число дней при которых расход воды меньше 100 м³/с по всем месяцам (красным цветом) и меньше 100 м³/с с июня по февраль, меньше 130 м³/с с марта по май (синим цветом)

В таблице ниже, для сравнения, представлены значения минимальных расходов воды, рассчитанные для разных периодов времени и для разных постов. У поста Залещики расходы 80%-99% обеспеченности равняются 40,6-98,4 м³/с. В частности, расходы воды при 95% и 90% обеспеченности приближены к значению 62,4 м³/с и 73.2 м³/с, что значительно выше значения в сравнении с Правилами эксплуатации ДГЭК, 2017 табл. В.5.

У ГЭС - 2 для всего ряда данных, минимальные расходы притока воды 80%-99% обеспеченности находятся в пределах 55,5-130 м³/с. Расход приближенный к 100 м³/с, который регламентирован Правилами эксплуатации ДГЭК, 1987, равен расходу 90% обеспеченности. Значения указанных расходов, рассчитанные на тот же период по рядам данных за месяцы с июня по ноябрь, аналогичны. Для сравнения, были рассчитаны расходы различной вероятности для периодов до и после строительства ДГЭК. Различия в значениях существенны и составляют от 40 до 47 м³/с. Расход воды 95% обеспеченности до строительства ДГЭК составляет 72,5 м³/с, а после строительства ДГЭК значение составляет 119 м³/с. Расход воды 90% обеспеченности для первого периода составил 88 м³/с, а для второго - 135 м³/с. Таким образом, минимальные расходы при 80%-99% обеспеченности возрастают. Соответственно, увеличение минимальных среднесуточных расходов воды через гидросооружения буферного гидроузла не должно сильно повлиять на объемы воды в водохранилище ГЭС-2.

Таблица 7. Расчетные значение расходов воды различной обеспеченности (приток)

Пост	Период	Данные взятые в расчет	Расчетные значение расходов воды, м³/с с обеспеченностью			
			80 %	90 %	95 %	99 %
Залещики	(Правилами эксплуатации. 2017 таб. В.5)			49 (лето)	42,2(лето)	
				40 (зима)	31,5 (зима)	
Залещики	1895-2019	Ежемесячные данные	<u>98.4</u>	73.2	62.4	40.6
Залещики	1950-2019	Ежемесячные данные	<u>97.7</u>	77.2	64.6	40.6
ГЭС - 2	1894-2012	Ежемесячные данные	130	<u>98</u>	81.1	55.5
ГЭС - 2	1895-2012	Июнь - ноябрь	124	<u>96</u>	84	59.5
ГЭС - 2	1894-1975	Ежемесячные данные	114	<u>88</u>	72.5	51.1
ГЭС - 2	1976-2012	Ежемесячные данные	158	135	119	<u>93.1</u>

Необходимость в водных ресурсах

Река Днестр является стратегической важной водной артерией для Республики Молдова. Она обеспечивает большую часть населения страны водой, а также обширную сферу экономической деятельности, включая и сельское хозяйство. Других существенных водных ресурсов Республика Молдова не имеет. Соответственно, уменьшение водных ресурсов данной реки повлечет за собой увеличение уязвимости населения в отношении доступа к питьевым водным ресурсам. Следует отметить, что на протяжении всего

периода наблюдений, которые составляют более 100 лет, выявляется тенденция к сокращению расходов и соответственно объемов воды.

Для более детального анализа остановимся на данных двух периодов - 1950-1980 гг. - до строительства ДГЭК, и 1987-2020 годы - после ввода в эксплуатацию ДГЭК. В Залещиках не наблюдается сокращение среднего расхода и объема воды. Ниже по течению ДГЭК, гидрологические характеристики снижаются: объемы воды снижаются с 8,7 км³ до 7,9 км³ воды или на 0,8 км³, что составляет 9,2% у поста Могилев-Подольск. У поста Бендеры изменения более очевидны, расходы воды сократились с 320 м³/с (период естественного стока) до 272 м³/с (период после ДГЭК), объемы с 10089 млн. м³ до 8579 млн. м³ (период после ДГЭК), уменьшение составляет 1,5 км³ воды (рис. 13-15, табл. 8).

Таблица 8. Расходы и объемы воды для характерных периодов

Гидрологический пост	Характеристика	Период до ДГЭК	Период после ДГЭК	Разница между периодом I и II	
				Расходы или объемы	%
Залещики	Средний расход, м ³ /с	219	221	2	0,6
	Объем, млн. м ³	6919	6964	45	0,6
Могилев - Подольск	Средний расход, м ³ /с	278	252	-26	-9,2
	Объем, млн. м ³	8753	7952	-801	-9,2
Бендеры	Средний расход, м ³ /с	320	272	-48	-15
	Объем, млн. м ³	10089	8579	-1510	-15

Объемы воды в бассейне должны увеличиваться с увеличением его поверхности. Таким образом, в естественном режиме прирост объемов от поста Залещики составляет 27% до поста Могилев-Подольск и 44% до Бендер. В период после ДГЭК, значения прироста расхода с изменением поверхности, составляющие всего 14% в Могилев-Подольске (на 10% меньше, чем в предыдущий период), а в Бендерах увеличение объемов воды составляет всего 23% по сравнению с Залещиками, что в 2 раза ниже, чем в период до ДГЭК (рис. 16).

Таким образом, в настоящее время установлено что, если в предыдущий период у Залещиков образовывалось около 70% стока, а у Могилев - Подольска значение увеличилось до 87%, в настоящее время в верхней части бассейна у поста Залещики уже сформирован 81% стока, а у Могилев-Подольска этот показатель увеличивается примерно до 90%, на территории Республики Молдова формируется около 10% водных ресурсов реки Днестр.

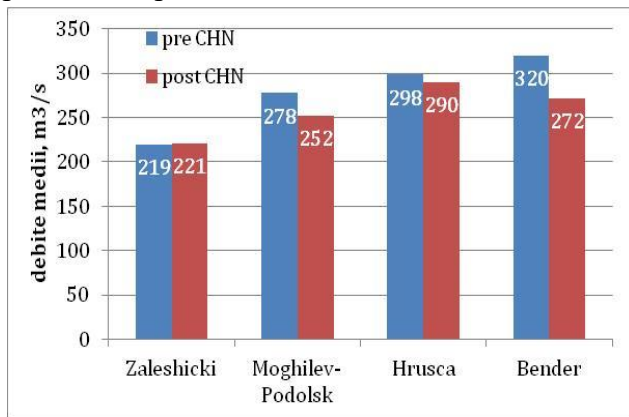


Рисунок 13. Многолетние средние расходы воды

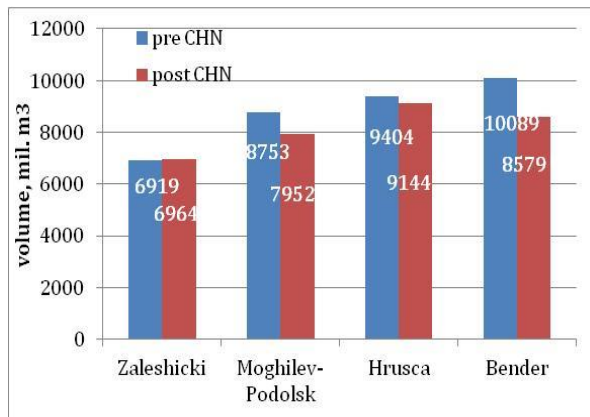


Рисунок 14. Многолетние средние объемы воды

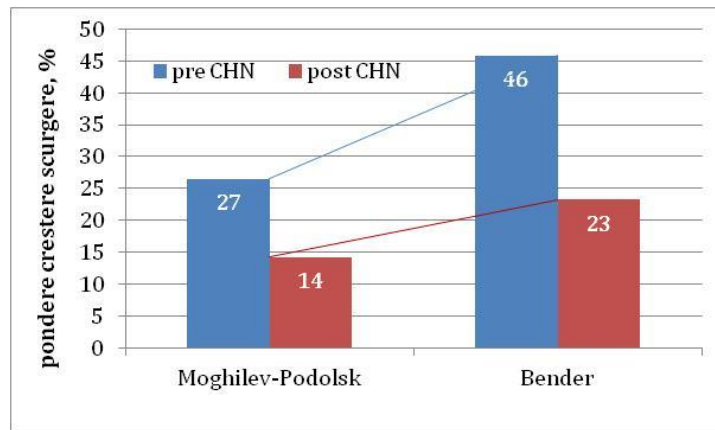


Рисунок 15. Доля увеличения объемов на поверхности по сравнению со значением в Залещики

Увеличение потерь водных ресурсов ниже по течению от ДГЭК - устья реки Днестр можно объяснить несколькими факторами, включая использование воды для различных хозяйственных нужд, сокращение водных ресурсов притоков и склоновым стоком, а также, с другой стороны, увеличение скорости испарения, обусловленное более высокими температурами в последние десятилетия под действием изменения климата, уменьшением запасов грунтовых вод и т.д.

Водные ресурсы малых и средних рек постепенно сокращаются, начиная с 80-х годов прошлого века, таким образом, суммарные объемы наблюдаемых рек в пределах части бассейна Днестра, расположенного в Республике Молдова, уменьшаются с прибл. 1 км³ воды на 0,2 км³. Значения водных ресурсов наблюдаемых притоков Днестра в последнее десятилетие не превышают 0,25 км³ воды. С другой стороны, следует уточнить, что объемы воды левых притоков, впадающих в водохранилище ГЭС-1, увеличиваются (рис. 16, 19). Это указывает на то, что в нижней части процессы изменения климата в смысле аридизации гораздо более выражены, а верхняя часть бассейна мало затронута этим явлением.

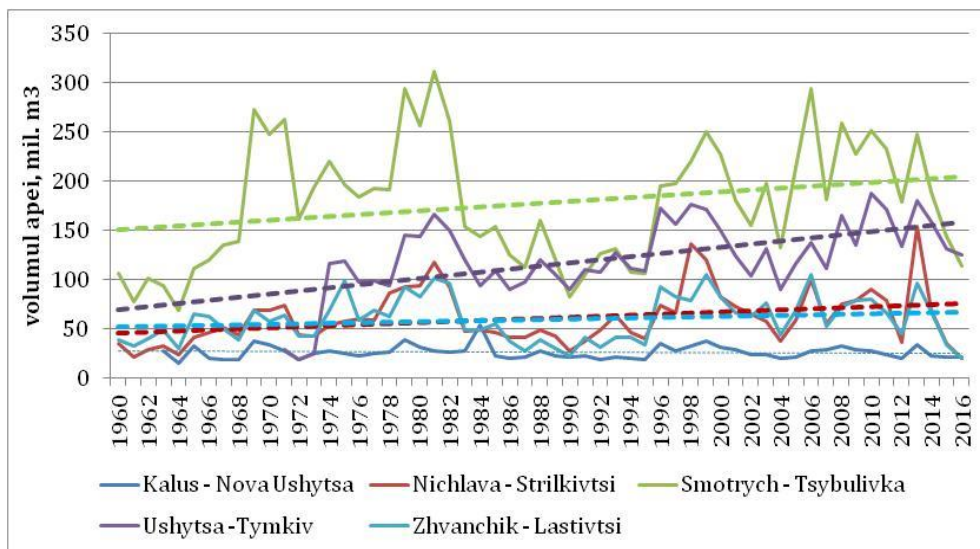


Рисунок 16. Динамика объемов воды левых притоков водохранилища с ГЭС-1

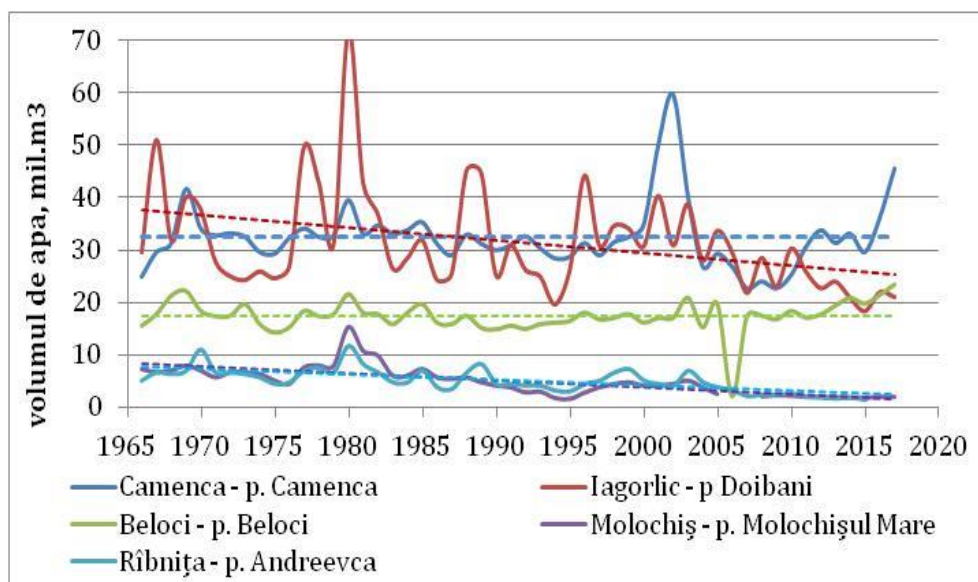


Рисунок 17. Динамика объемов воды левых притоков Днестра ниже ДГЭЖ

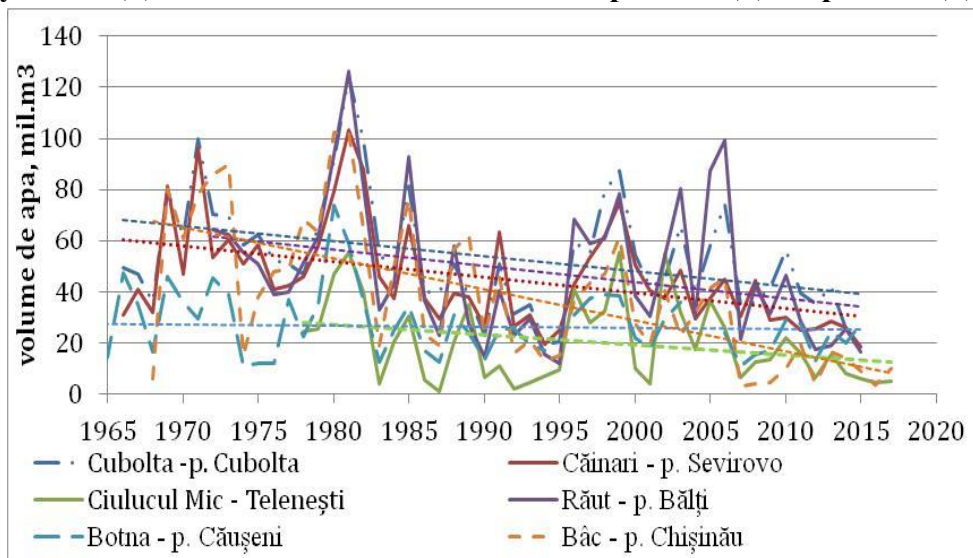


Рисунок 18. Динамика объемов воды наблюдаемых правых притоков Днестра в пределах страны

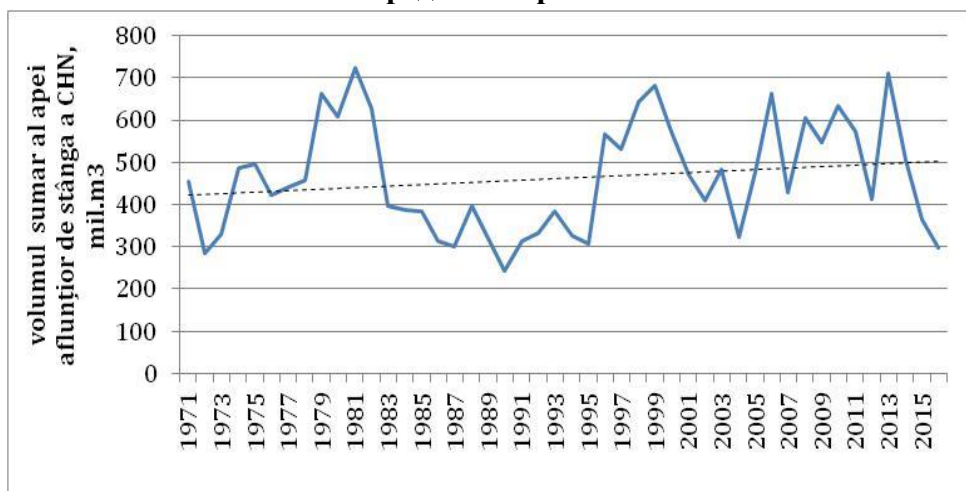


Рисунок 19. Динамика суммарных объемов воды наблюдаемых левых притоков водохранилища с ГЭС-1

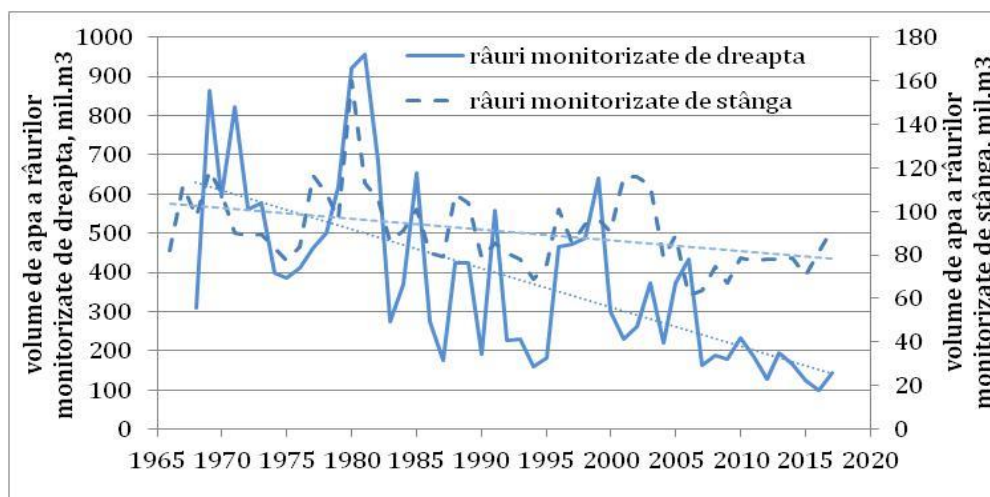


Рисунок 20. Динамика суммарных объемов воды наблюдаемых притоков Днестра в Республике Молдова

Другим фактором, который вызывает потерю воды, является испарение с поверхности воды. Как видно из рисунка 21, с 1990-х годов по настоящее время испарение постепенно увеличивается с 800 мм до 1400 мм (станция Бэлцата). Для сравнения, предыдущий период характеризуется снижением данного показателя (рис. 21).

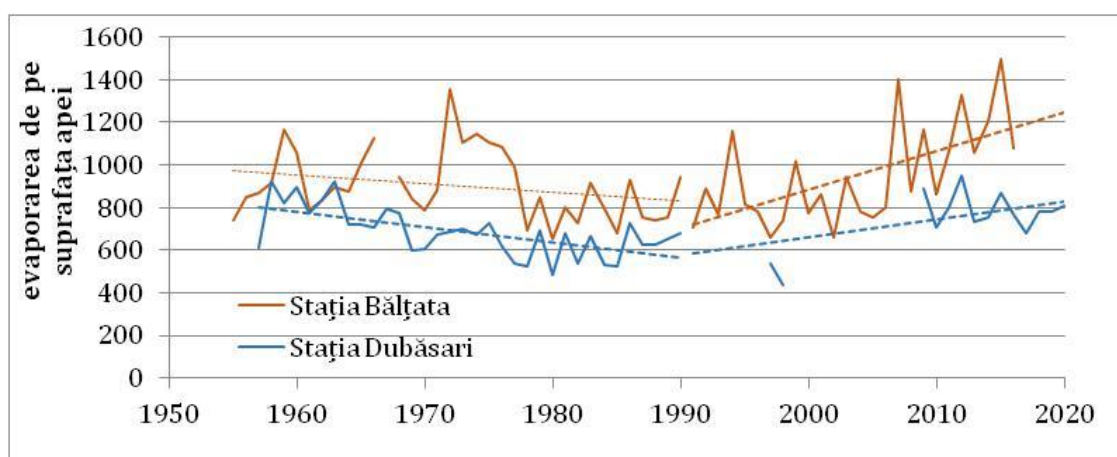


Рисунок 21. Динамика испарения на поверхности воды

Сценарии будущего изменения климата показывают, что для верхней части бассейна реки Днестр на территории Украины, где формируются основные объемы водного стока, наблюдается небольшое повышение температуры (1-1,1°C) и небольшое увеличение осадков на 1-2%. Потери воды характеризуется уменьшением на 5-10% (рис. 22, 23). На территории Республики Молдова уменьшение расхода будет ускоряться под действием изменения климата и антропогенных факторов. Согласно прогнозам изменения климата, температура повысится на 1,2 °C, а количество осадков снизится на 3%. Таким образом, уменьшение расхода воды по мере его движения к нижней части бассейна, определяется изменением климата, в частности, тем, что влияет на процессы формирования водотока на территории Молдовы. Повышение температуры и уменьшение количества осадков приведет к увеличению испарения и снижению уровня грунтовых вод. Эти факторы увеличивают уязвимость средней и нижней части бассейна реки Днестр к

изменению климата и зависимости от водных ресурсов, образующихся в верхней части. Таким образом, проблема обеспечения населения и экономики водными ресурсами в ближайшие десятилетия обострится, равно как и проблема защиты от гидрологических опасностей, таких как засухи и наводнения.



Рисунок 22. Ожидаемое изменение температуры и количества осадков под действием изменения климата (отрывок из Стратегических направлений адаптации к изменению климата в бассейне Днестра, 2015 г.)

Ожидаемое изменение водного стока в бассейне Днестра в 2021-2050 гг. по сравнению с 1971-2000 гг.

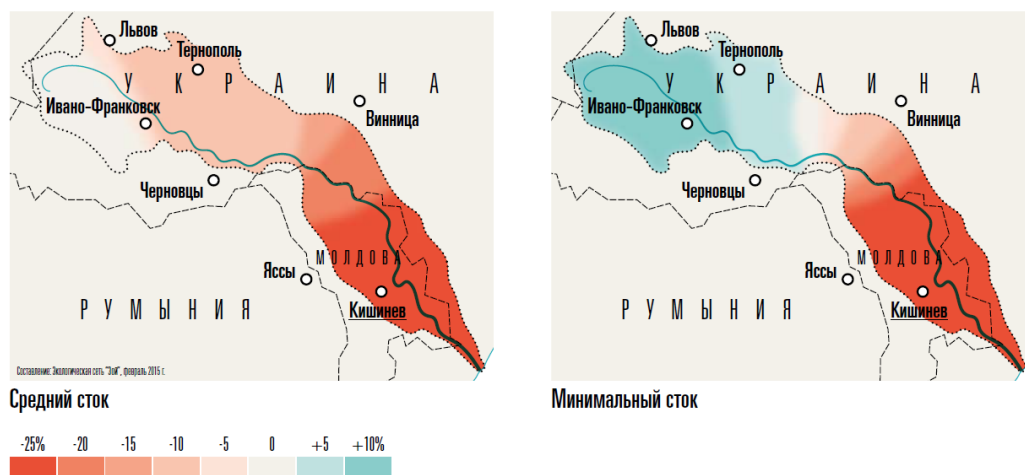


Рисунок 23. Ожидаемое изменение среднего и минимального водного стока под действием изменения климата (отрывок из Стратегических направлений адаптации к изменению климата в бассейне Днестра, 2015 г.)

Период межени и минимальные расходы

Период межени является составной частью гидрологического режима рек. Межень является сезонным явлением. Климатические и гидрогеологические факторы являются основными, влияющими на формирование минимального стока. Отсутствие осадков снижает расходы воды реками, с другой стороны, именно запасы подземных вод являются основным источником воды для рек в период межени.

В бассейне Днестра, межень проявляется в летне-осенний период, а также зимой. В жаркий период минимальные расходы ниже по сравнению с холодным периодом из-за наличия процессов испарения. Зимняя межень совпадает с зимними явлениями. Периоды с минимальными расходами являются ежегодными и продолжительными, в отдельные годы они могут длиться даже 4-5 месяцев.

За последние годы периоды с минимальными расходами (менее 100 м³/с) различаются, особенно в 2015, 2016, 2020 годах (рис. 23). В 2015 г. период минимальных расходов пришелся на июль - ноябрь. Расходы на посту Залещики были ниже значения 50 м³/с в течение 38 дней из 144 или 26%. Минимальные значения составляли 37 м³/с, 99 м³/с, 122 м³/с в Залещиках, ГЭС-1 и Могилев-Подольске, а средние значения составляли 61 м³/с, 120 м³/с, 153 м³/с или на 60-90 м³/с, т.е. выше, чем в естественном режиме. Понижение уровня воды на ГЭС-1 составило 5,9 м, с 118,8 до 112,9 м. В 2016 году минимальные расходы пришлось на период с июня по октябрь. Средние расходы были равны 87 м³/с на посту Залещики, 114 м³/с на ГЭС-1 и 149 м³/с на посту Могилев-Подольска, а минимальные составляли 44,5 м³/с, 101 м³/с и 121 м³/с. Понижение уровня воды в ГЭС-1 составило 3,69 м, со 118,11 до 114,4 м. Последний период, в течение которого были зарегистрированы минимальные расходы, был август - сентябрь 2020 года. Выше по течению от ДГЭК, минимальный средний расход составлял 84,6 м³/с, а минимальный - 42 м³/с. Сбросы с ГЭС-1 составляли в среднем 125 м³/с, при минимальном 90 м³/с, (один день). На посту Грушка минимальный расход составил 119 м³/с, а средний за анализируемый период - 154 м³/с. Понижение уровня воды в ГЭС-1 составило 1,91 м, с 120,08 до 118,17 м.

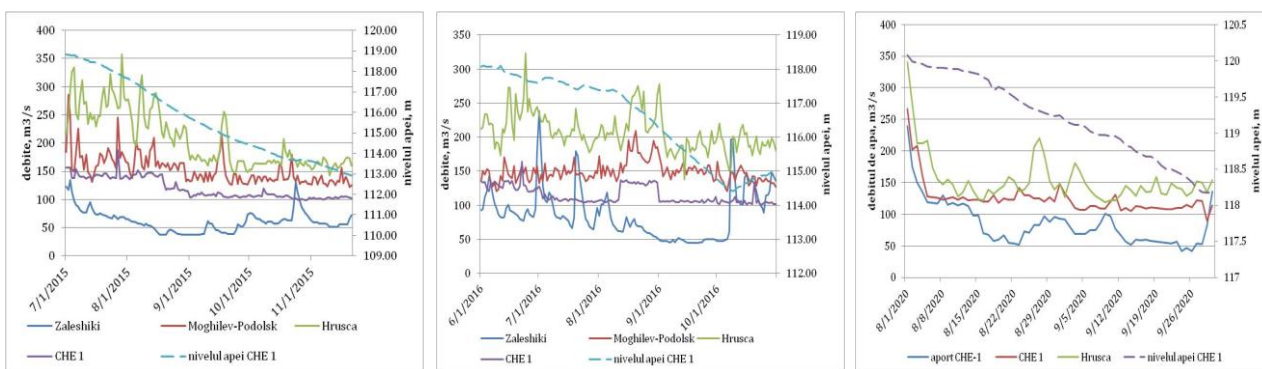


Рисунок 23. Периоды с минимальными расходами на разных гидрологических постах

Период межени является естественной фазой гидрологического режима реки Днестр. Продолжительность периода межени значительна, в некоторые годы она может составлять не менее 1–1,5 месяцев, это фактор, который оказывает влияние как на биоразнообразие, так и на экономические интересы. Под воздействием ДГЭК минимальные расходы в период межени ниже по течению характеризуются увеличением и не снижаются ниже 100 м³/с (за некоторыми исключениями). ДГЭК поддерживает расход воды в пределах минимального допустимого значения, даже если естественные значения уменьшаются до 50 м³/с. В этом смысле, для поддержания минимального расхода, объем воды в пределах водохранилища ГЭС-1 уменьшается, тем самым компенсируя потоки воды ниже по течению. Уровень воды в водохранилище ГЭС-1 снижается в среднем на 3 м по сравнению с исходным уровнем. Таким образом, ДГЭК

оказывает положительное влияние на поддержание минимального расхода и снижение риска экстремальных засух в нижнем течении реки.

Согласно данным анализа минимальных годовых расходов, на гидрологических постах Залещики, Могилев-Подольск и Грушка, на посту выше по течению от ДГЭК, минимальные расходы для периода до ДГЭК и после ДГЭК равны 34 м³/с до ДГЭК и 52 м³/с после ДГЭК, увеличение составляет 52% (рис. 24). За период после ДГЭК на последующих постах минимальные потоки увеличились вдвое. У Могилев-Подольска средний минимальный расход был оценен в 107 м³/с (по сравнению с 51 м³/с, до ДГЭК), а в Грушке - 115 м³/с (по сравнению с 63 м³/с, до ДГЭК).

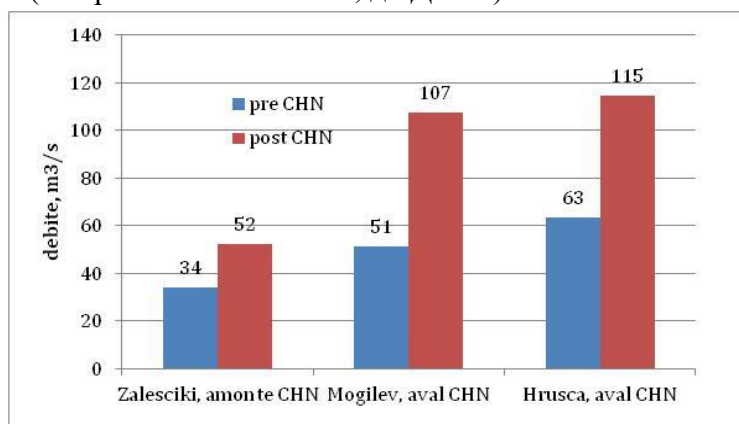


Рисунок 24. Средние минимальные расходы

Общая тенденция минимальных расходов за весь период увеличивается (рис. 25). У Могилев-Подольска крайние минимальные расходы наблюдались в 1953 г. - 18,9 м³/с, 1960 г. - 21,2 м³/с, 1973 г. - 25,7 м³/с, а после ДГЭК самые низкие расходы были около 99 м³/с – зафиксированы в 2003-2006 гг..

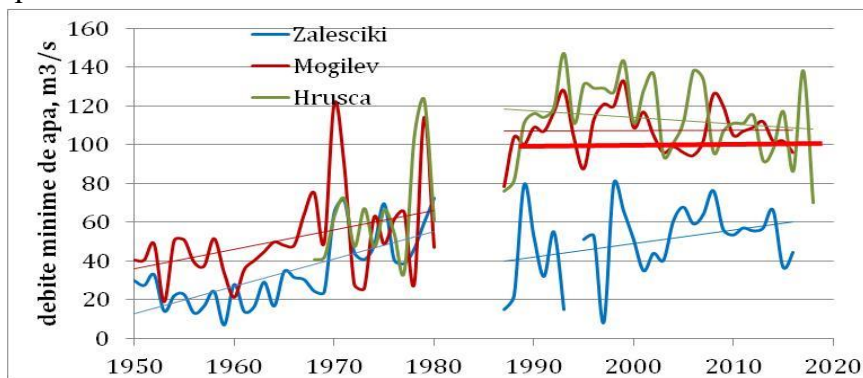


Рисунок 25. Минимальные регистрируемые расходы

Тенденции минимальных расходов за 7 дней, 30 дней и 90 дней совпадают с выводами о минимальных расходах.

Минимальные расходы и Правила эксплуатации

Был проведен анализ оценки того, соответствуют ли минимальные сбрасываемые расходы воды Правилам эксплуатации 1987 года (не менее 100 м³/с).

Первоначально было рассчитано количество дней, в течение которых расход воды ниже 100 м³/с. Таким образом, у Залещиков, до ДГЭК, продолжительность расходов ниже 100 м³/с составляет в среднем 118 дней, около 32% в году, с тенденцией к снижению. В течение 1950-х и 1960-х годов продолжительность упомянутых расходов в среднем составляла 160 дней или 44% от количества дней в году. В течение следующих 15 лет, к 1980 г., доля дней таких упала в среднем до 77 дней или 21%. В текущем периоде, после

ДГЭК, расходы ниже значения $100 \text{ м}^3/\text{с}$ появляются в среднем 91 день в году или в 25%, с тенденцией к увеличению, между 2011-2016 годами количество дней увеличилось в среднем до 146 дней или 40% в году. На постах Могилев-Подольск и Грушка, в период до ДГЭК, расходы со значениями ниже $100 \text{ м}^3/\text{с}$ составляют в среднем 62 дня и 19 дней, то есть 17% и 5%. В период после ДГЭК, количество дней сокращается до 6 дней и 13 дней соответственно, при этом доля составляет 2-4% (рис. 26-29).

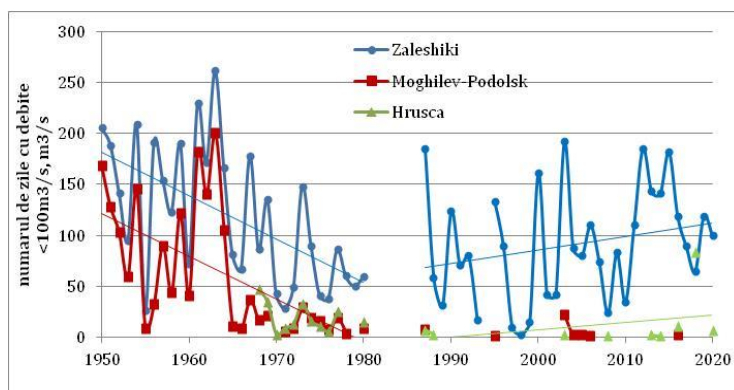


Рисунок 26. Продолжительность расходов ниже значения $100 \text{ м}^3/\text{с}$

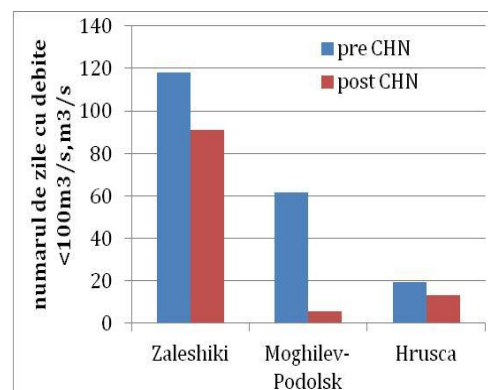


Рисунок 27. Среднее количество дней с расходами ниже значения $100 \text{ м}^3/\text{с}$

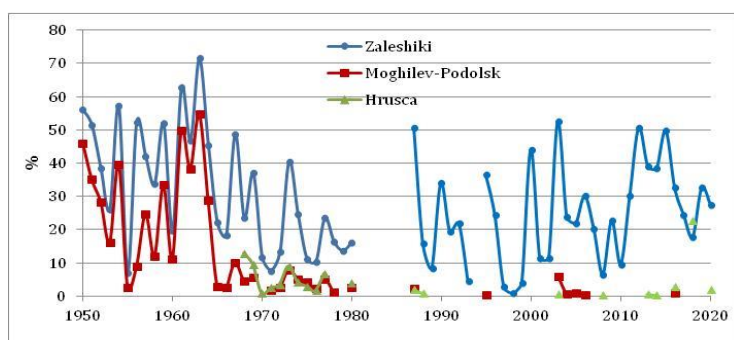


Рисунок 28. Количество дней со стоками ниже значения $100 \text{ м}^3/\text{с}$

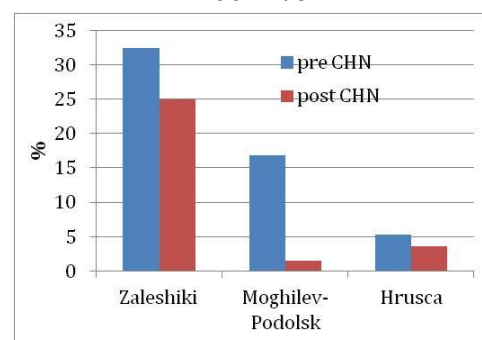


Рисунок 29. Среднее количество дней (в процентах) с расходами ниже значения $100 \text{ м}^3/\text{с}$

Средние значения расходов ниже $100 \text{ м}^3/\text{с}$ в Залещиках составляют $72,4 \text{ м}^3/\text{с}$ до ДГЭК и $80 \text{ м}^3/\text{с}$ после ДГЭК, практически на $20\text{-}30 \text{ м}^3/\text{с}$ меньше допустимого значения. На постах ниже по течению, значения в среднем составляют $78 \text{ м}^3/\text{с}$ в Могилев-Подольске и $76 \text{ м}^3/\text{с}$ в Грушке в период до ДГЭК, а после ввода в эксплуатацию гидроэнергетического комплекса, значения составляют $95 \text{ м}^3/\text{с}$. Соответственно, расходы ниже $100 \text{ м}^3/\text{с}$, ниже по течению от ДГЭК проявляются эпизодически и не сильно уменьшаются по сравнению с минимально допустимым.