

Таблица 5.3. Прогнозная оценка водопотребления в пределах бассейна Ясельды на 2030 г., млн м³

Сценарий прогноза	Использовано		
	воды из поверхностных и подземных источников	свежей воды	
		на хозяйственно-питьевые нужды	на регулярное орошение
<i>Наибольшая водность фазы по расходу воды</i>			
Оптимистичный	96,8	3,60	0,10
Средний	111,6	5,55	0,13
Пессимистичный	126,4	7,50	0,15
<i>Наименьшая водность фазы по расходу воды</i>			
Оптимистичный	3,4	2,30	87,40
Средний	4,0	3,15	98,77
Пессимистичный	4,6	4,00	110,13

статочны большие потери воды на испарение с поверхности прудов. Решение данной проблемы позволит уменьшить водопотребление в бассейне Ясельды.

Разработанный прогноз отдельных составляющих водного баланса на долгосрочную перспективу основывается на различных вариантах развития экономики, современных концепций о перспективах развития водного хозяйства и технологий использования воды. При этом необходимо понимать, что происходящие в последние годы события (например, мировой кризис, демографический подъем) могут существенно скорректировать результаты прогнозных оценок. Нельзя также исключать возможность появления каких-то принципиально новых технологий вообще и водопотребления в частности.

5.4. Водноэнергетический потенциал бассейна

В настоящее время всемерное использование возобновляемых ресурсов гидроэнергетики, которые являются составляющей частью общих энергетических ресурсов любого региона, становится первостепенной задачей. Развитие водного потенциала – одно из важнейших направлений возобновляемой энергетики в Беларуси. По данным Министерства энергетики Республики Беларусь, потенциальная мощность всех водотоков страны составляет 850 МВт, в том числе технически доступная – 520 МВт, экономически целесообразная – 250 МВт.

На реках бассейна Ясельды возможно возведение гидроэлектростанций, имеющих значение для электрификации объектов промышленности, сельского хозяйства и населения.

В качестве учетных категорий гидроэнергоресурсов выделяются теоретический и эксплуатационный потенциалы. Теоретический потенциал включает понятия валового поверхностного потенциала речного бассейна и валового потенциала рек. Кроме того, иногда выделяется еще так называемый полезный потенциал, под которым подразумевается валовый потенциал, уменьшен-

ный на некоторый коэффициент, учитывающий минимальные размеры неизбежных потерь напора, стока, а также КПД энергетического оборудования. Он мыслится как показатель верхнего предела полезного использования гидроэнергоресурсов. Этот потенциал должен рассматриваться не как теоретический потенциал, а как приближенный к техническому потенциалу. Эксплуатационный потенциал включает в себя технический и экономический потенциалы.

Первая известная оценка гидроэнергоресурсов БССР опубликована в 1929 г. гидроэнергетической комиссией Белорусской Академии наук в составе Д. Хржановского, М. Докукина, Б. Ганджи, Г. Нисневича, М. Матвеева, определившей ресурсы БССР в границах 1926 г. В 1960 г. вышла работа, положившая начало созданию единого водноэнергетического кадастра Белорусской ССР [24].

В условиях Республики Беларусь практическое значение имеют энергетические ресурсы водотоков. Однако для полного представления о потенциальных гидроэнергоресурсах определяется энергия всего стока, включая и склоновый сток.

Полная величина потенциальных гидроэнергетических ресурсов территории состоит из энергии стока, сконцентрированного в водотоках, и энергии склонового стока. Полные гидроэнергетические ресурсы определены при помощи гидрографических кривых бассейнов, которые получаются на базе гипсографической кривой бассейнов $A = f(H)$ и кривой зависимости модуля стока от высоты над уровнем моря $M = f(H)$. Гидрографическая кривая получается путем перемножения значений площади водосбора и модуля стока, соответствующих определенным значениям высоты.

Площадь, ограниченная гидрографической кривой бассейна и осями координат, проходящая через ее начало и конец, в выбранном масштабе определяет полную величину потенциальных гидроэнергоресурсов бассейна (энергия руслового и склонового стоков). Эти ресурсы могут быть выражены в единицах среднегодовой мощности или энергии стока за средний по водности год.

Потенциальная мощность рек $L \geq 10$ км определяется методом сплошного руслового подсчета (метод линейного расчета):

$$N = 9,81QH, \quad (5.1)$$

где N – мощность, кВт; Q – расход, м³/с; H – напор, м.

Общая мощность рек бассейна Ясельды – 4245 кВт.

Сопоставление и анализ гидроэнергетической ценности отдельных рек, их участков и целых бассейнов иногда эффективнее делать не путем сравнения абсолютных значений энергетических ресурсов, а при помощи удельных показателей. При этом к первой группе относятся удельные линейные энергетические показатели, ко второй – удельные поверхностные энергетические показатели.

Линейный удельный энергетический показатель – километрическая мощность, представляющая среднюю для данного участка мощность реки, приходящуюся на 1 км длины участка: $N_L = N_{уч} / L_{уч}$, кВт/км.

При помощи этого показателя можно исследовать степень концентрации гидроэнергетики на отдельных участках реки и выявить наиболее ценные из них.

Кроме километровой мощности существуют другие линейные показатели.

Удельная мощность на 1 м³/с расхода $N_Q = N_{yч} / (L_{yч} Q_{yч})$, кВт/(км·м³/с) характеризует степень концентрации падения реки.

Удельная мощность на 1 м напора $N_H = N_{yч} / (L_{yч} H_{yч})$, кВт/(км·м) призвана характеризовать водность участков.

Широко используемым поверхностным удельным энергетическим показателем является так называемый *гидроэнергетический модуль*, представляющий собой величину потенциальной мощности водотоков бассейна, приходящуюся в среднем на единицу площади бассейна: $N_A = N/A$, кВт/км². Используется также *поверхностный удельный энергетический показатель*, призванный характеризовать использование стока: $N_A = N/M$, кВт/(л/с·км²), где M – модуль стока.

Для учета влияния неравномерности стока на энергетическую ценность водотоков используются два поверхностных энергетических показателя: модуль энергии и модуль мощности.

Модуль энергии показывает количество энергии в кВт·ч, которую можно получить на ГЭС при использовании стока с 1 км² без регулирования на напоре 1 м.

Модуль мощности соответствует мощности, которую можно получить от минимального стока заданной обеспеченности с 1 км² водосбора при напоре в 1 м.

Вместо мощности, приходящейся на 1 км длины водотока или на 1 км² площади водосбора, удельные показатели могут быть выражены через соответствующую этой мощности энергию ($\mathcal{E} = 8760N$), т. е. $\mathcal{E} = \mathcal{E}_{yч} / L_{yч}$, кВт·ч/км или $\mathcal{E}_A = \mathcal{E}/A$, кВт·ч/км².

Рассмотрим потенциал гидроэнергетических ресурсов рек бассейна Ясельды (табл. 5.4).

Потенциальная мощность водотоков бассейна Ясельды представлена в табл. 5.5.

Таблица 5.4. Количество и общая мощность рек бассейна Ясельды

Показатель	Длина реки, км				
	0–10	10,1–100	100,1–1000	1000,1–5000	Всего
Количество рек, шт/%	36/58,2	21/33,8	4/6,4	1/1,6	62/100
Общая мощность, кВт/%	128/3,0	502/11,8	616/14,6	2999/70,6	4245/100

Таблица 5.5. Суммарная мощность выделенных категорий рек, кВт/%

< 200		Площадь водосбора, км ²		
		200–1000	4000–10 000	Всего
$L < 10$ км	$L \geq 10$ км			
128/3,0	502/11,8	657/15,5	2999/70,6	4245/100

5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Характеристика по величине километрической мощности состоит в выделении количества рек, обладающих участками с данными градациями мощности, величины суммарной мощности и суммарной длины этих участков, средних по бассейну значений удельной мощности и длин участков в пределах указанных градаций мощности по отношению к мощности и длине всех рек бассейна. В табл. 5.6 и 5.7 приведены сводные данные о реках бассейна Ясельды с длиной не менее 10 км. Подавляющее большинство рек имеют в своем составе участки с низкой километрической мощностью. В бассейне Ясельды большое количество рек имеет участки с километрической мощностью менее 1 кВт/км. Это свидетельствует о том, что у многих рек на всем их протяжении километрическая мощность вообще не превышает 1 кВт/км. По мере увеличения удельной мощности участков их количество уменьшается.

Таблица 5.6. Количество рек, обладающих участками с данными значениями километрической мощности

Километрическая мощность, кВт/км	< 1,0	1,0–4,9	5,0–9,9	10,0–49,9
Длина рек, км/%	26/74,3	27/77,2	6/17,2	2/5,7

Таблица 5.7. Суммарная мощность и суммарная длина участков данной категории по бассейну

Километрическая мощность, кВт/км	< 1,0	1,0–4,9	5,0–9,9	10,0–49,9
Мощность, кВт	116	875	552	2616
Длина рек, км	302,4	401,7	79,4	134,2

Сводка данных о средних расходах рек бассейна Ясельды приведена в табл. 5.8. Наибольший удельный вес как по количеству, так и по общей протяженности имеют участки рек с малыми расходами.

Таблица 5.8. Средние по бассейну значения удельной мощности и веса суммарной мощности

Километрическая мощность, кВт/км	< 1,0	1,0–4,9	5,0–9,9	10,0–49,9
Удельная мощность, кВт/км	0,38	2,18	6,96	19,5
Длины участков, км	11,6	14,9	13,2	67,1
Отношение суммарной мощности участка к суммарной мощности водосбора, %	2,8	21,1	13,3	62,9
Отношение длин участков к длине всех рек водосбора, %	32,9	43,8	8,6	14,6

В табл. 5.9 и 5.10 приведены данные о средних расходах рек бассейна Ясельды. Наименьший удельный вес как по количеству, так и по общей протяженности имеют участки рек с малыми расходами. В среднем по бассейну 77,4 % всего количества рек обладают участками с расходами менее 0,5 м³/с.

Таблица 5.9. Суммарная по бассейну длина участков и их количество с расходами соответствующих градаций и их отношение к общей длине исследуемых рек бассейнов

Расходы, м ³ /с	< 0,5	0,5–1,0	1,0–5,0	5,0–10,0	10,0–50,0
Длина рек, км/%	684,0/61,0	113,5/10,1	164,7/14,7	34,6/3,1	124,4/11,1
Количество рек, шт/%	62/100	14/22,6	6/9,7	1/1,6	1/1,6

Таблица 5.10. Количество рек, обладающих устьевыми расходами данных градаций

Расходы, м ³ /с	< 0,5	0,5–1,0	1,0–5,0	5,0–10,0	10,0–50,0
Количество рек, шт/%	48/77,4	8/12,9	5/8,1	–	1/1,6

В табл. 5.11 приведены сводные данные о величине гидроэнергетического модуля рек бассейна Ясельды. Сопоставление гидроэнергетических единичных модулей стока рек с другими бассейнами показывает, что реки бассейна Ясельды бедны гидроэнергетическими ресурсами, так как изменение указанных показателей происходит в следующих пределах: для единичного модуля – от 0,03 до 0,52 кВт/км²; для суммарного модуля – от 0,06 до 0,74 кВт/км².

Таблица 5.11. Значение гидроэнергетического модуля речных бассейнов (с учетом линии энергии водотоков), кВт/км²

Характеристика	Площадь водосбора, км ²			
	< 200	200–1000	4000–10 000	Бассейн в целом
Единичный	<u>0.03–0.44</u> 0,19	<u>0.15–0.42</u> 0,28	0,52	–
Суммарный	<u>0.06–0.37</u> 0,19	<u>0.19–0.49</u> 0,35	0,74	0,74

В табл. 5.12 дано распределение количества рек бассейна Ясельды по величине падения, которая зависит от их длины и рельефа местности. В связи с тем, что бассейн Ясельды расположен в пределах Полесской низменности, где отметки поверхности земли имеют незначительные колебания, то и падение у рек минимальное. Так, большинство рек (45,0 %) имеют падение до 5 м.

На рис. 5.4 представлен кадастровый график Ясельды, построенный по методике, приведенной в работе [24].

Таблица 5.12. Распределение рек бассейна по величине падения, шт/%

Величина падения, м											
50,0–25,1			25,0–10,1			10,0–5,1			5,0–1,1		≤ 1,0
A ≥ 200	A < 200		A ≥ 200	A < 200		A ≥ 200	A < 200		A < 200		A < 200
	L ≥ 10	L < 10		L ≥ 10	L < 10		L ≥ 10	L < 10	L ≥ 10	L < 10	L < 10
<u>2</u> 3,2	<u>2</u> 3,2	<u>1</u> 1,6	<u>3</u> 4,8	<u>10</u> 4,8	<u>1</u> 16,2	<u>1</u> 1,6	<u>8</u> 12,9	<u>6</u> 9,7	<u>9</u> 14,5	<u>16</u> 25,9	<u>3</u> 4,8

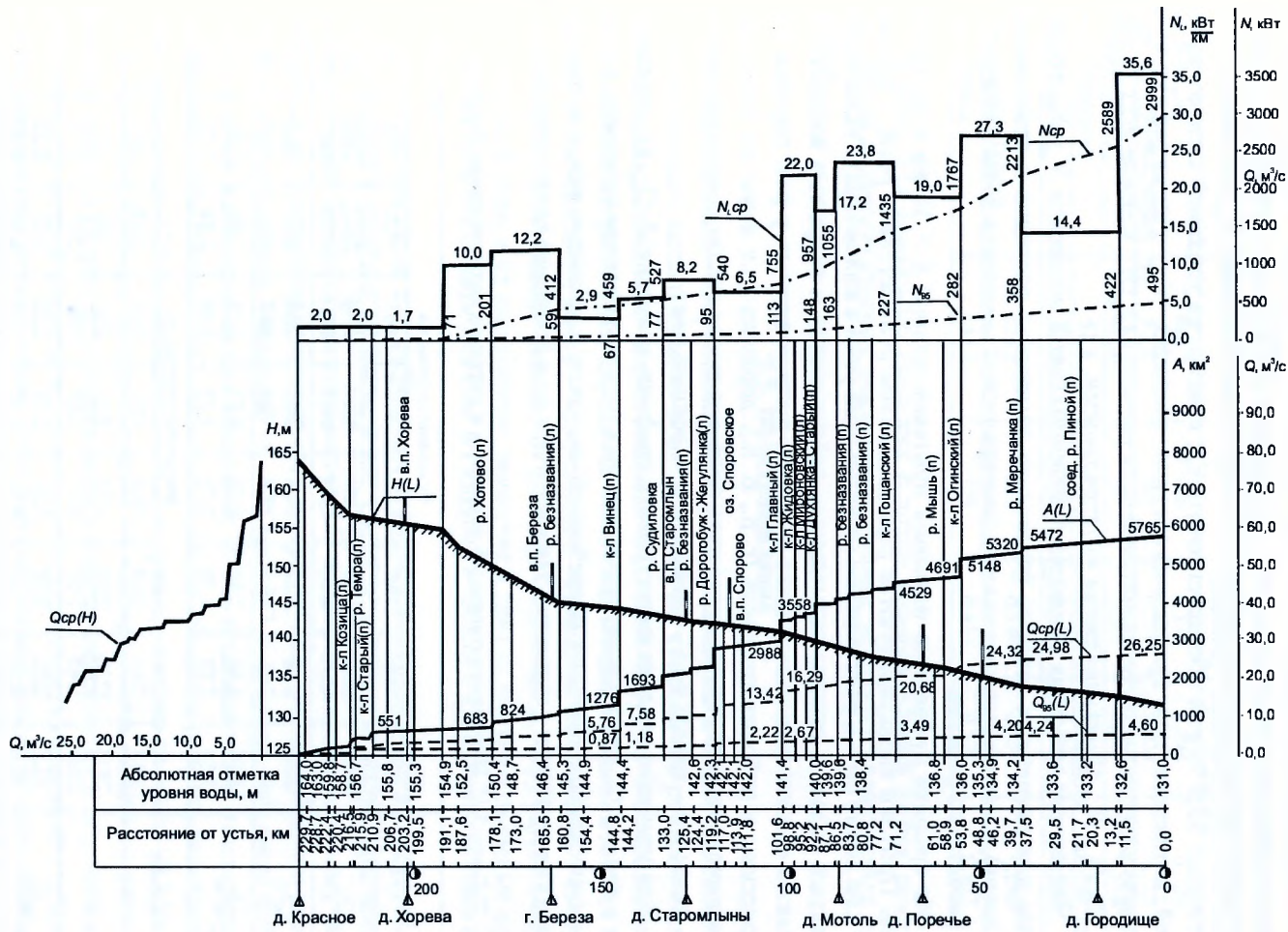


Рис. 5.4. Кадастровый график Ясельды

Кадастровый график реки содержит продольный профиль, кривые нарастания водосборной площади $A(L)$, среднемноголетних расходов $Q_{cp}(L)$, среднесуточных расходов 95,0 %-ной обеспеченности $Q_{95}(L)$, нарастания потенциальных мощностей водотока при расходах среднемноголетних N_{cp} и минимальных суточных 95,0 %-ной обеспеченности N_{95} , изменения удельной километрической мощности при среднемноголетних расходах N_{Lcp} , гидрографическую кривую водотока при среднемноголетних расходах $Q_{cp}(H)$. Кривые $A(L)$, $Q_{cp}(L)$, $Q_{95}(L)$, N_{cp} , N_{95} , $Q_{cp}(H)$ являются интегральными.

Численные значения суммарной потенциальной мощности N_{cp} , N_{95} приведены для расчетных створов (заметного изменения расходов и продольных уклонов), а численные значения километрической мощности даны для каждого расчетного участка.

На графике приведены названия притоков длиной $L > 10$ км и названия озер. Притоки характеризуются расположением относительно реки, – правые (п) или левые (л) – и расстоянием от устья этой реки в километрах. Условными знаками указаны створы размещения действующих и закрытых водопостов, а также важнейших населенных пунктов, расположенных у рек: городов (г.), городских и рабочих поселков (г. п., р. п.), деревень (д.); даны их названия. В надписях на кадастровых графиках приняты также следующие сокращения: р. – река; к-л – канал; к-ва – канава; в. п. – водный пост.

Для удобства анализа кадастрового графика, значения A , Q_{cp} , Q_{95} приведены в табл. 5.13, где в характерных створах (исток, впадение притоков, устье) даны численные значения водосборной площади и расходов рек, а в створах впадения притоков – значения этих величин до и после впадения притоков.

Таблица 5.13. Изменения площадей водосбора и расходов воды по длине Ясельды

Параметр	Расстояние от устья, км								
	53,8	58,9	71,2	77,2	83,7	86,5	92,2	95,2	98,8
A , км ²	<u>5148</u> 4691	<u>4682</u> 4629	<u>4529</u> 4369	<u>4341</u> 4242	<u>4225</u> 4153	<u>4116</u> 3931	<u>3922</u> 3723	<u>3695</u> 3617	<u>3595</u> 3571
Q_{cp} , м ³ /с	<u>23.6</u> 21,4	<u>21.3</u> 21,1	<u>20.7</u> 19,9	<u>19.8</u> 19,4	<u>19.3</u> 19,0	<u>18.8</u> 18,0	<u>17.9</u> 17,0	<u>16.9</u> 16,5	<u>16.4</u> 16,3
Q_{95} , м ³ /с	<u>3.90</u> 3,59	<u>3.58</u> 3,55	<u>3.49</u> 3,39	<u>3.36</u> 3,25	<u>3.23</u> 3,15	<u>3.11</u> 3,00	<u>2.96</u> 2,84	<u>2.81</u> 2,72	<u>2.70</u> 2,67
Параметр	Расстояние от устья, км								
	119,2	124,4	133,0	160,8	178,1	210,9	215,9	216,5	–
A , км ²	<u>2818</u> 2247	<u>2228</u> 2140	<u>2038</u> 1757	<u>1087</u> 1037	<u>821</u> 683	<u>551</u> 430	<u>396</u> 217	<u>217</u> 173	–
Q_{cp} , м ³ /с	<u>12.7</u> 10,0	<u>9.95</u> 9,55	<u>9.10</u> 7,85	<u>4.92</u> 4,70	<u>3.74</u> 3,12	<u>2.53</u> 1,91	<u>1.75</u> 0,96	<u>0.96</u> 0,76	–
Q_{95} , м ³ /с	<u>2.01</u> 1,63	<u>1.61</u> 1,51	<u>1.39</u> 1,22	<u>0.76</u> 0,71	<u>0.53</u> 0,45	<u>0.35</u> 0,27	<u>0.23</u> 0,12	<u>0.12</u> 0,10	–

5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Таблица 5.14. Энергетические показатели формы кадастровых графиков

Водоток	Расстояние от устья водоприемника, км	Длина водораздельной линии, км	Энергетические показатели формы кадастровых графиков		
			продольного профиля a_n	нарастания водосбора a_d	гидрографической кривой водостока a_m
р. Ясельда	488,5	496	0,336	0,498	0,350
кан. Духтянка-Старый	92,2	80	0,715	0,523	0,717
р. Судиловка	133,0	59	0,637	0,375	0,515
кан. Огинский	53,8	120	0,602	0,387	0,513
кан. Главный	101,6	152	0,550	0,467	0,523
р. Дорогобуж-Жегулянка-Турса	119,2	155	0,113	0,511	0,190
кан. Винец	144,8	126	0,457	0,521	0,477

В табл. 5.14 приведены сведения о длине водораздельной линии речных бассейнов и энергетических показателях формы исходных кадастровых графиков.

5.5. Водохранилища

Водохранилище – искусственный водоем, созданный в целях накопления и последующего использования воды, а также регулирования речного стока. Необходимость создания искусственных водоемов (прудов, водохранилищ) определяется потребностью народного хозяйства в воде, а возможность их создания в том или ином месте – природными условиями территории. Размеры водоемов, их размещение зависят от рельефа территории, структуры гидрографической сети, а их наполнение, заиление и другие внутриводоемные процессы связаны с климатическими и гидрологическими характеристиками водосборов.

Согласно принятой классификации, к водохранилищам относят искусственные водоемы с полным объемом воды 1 млн м³ и более. В настоящее время на территории Беларуси насчитывается 153 водохранилища. По объему водной массы их условно можно разделить на три группы: малые (объемом менее 10 млн м³), небольшие (объемом 10–100 млн м³) и средние (объемом более 100 млн м³). К категории малых относится 76,8 % водохранилищ от их общего количества, небольших – 18,5, средних – 4,6 %. На долю речных водохранилищ приходится 47,0 %; наливных – 43,7; озерных и озерно-речных – 9,3 %.

В бассейне Ясельды эксплуатируется 14 водохранилищ сезонного регулирования (табл. 5.15, рис. 5.5). Равнинный характер территории и хорошая выработанность речной долины не позволяют осуществлять работы по глубокому регулированию речного стока. Этот факт обусловил создание здесь преимущественно малых водохранилищ (85,7 %). Создание водохранилищ в бассейне реки относится к периоду активного освоения мелиорируемых земель. Согласно