

## АНАЛИЗ ЗАТОПЛЯЕМОСТИ ПОЙМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА

В. Л. Сочивко<sup>1)</sup>, А. Б. Кафтанчикова<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
г. Минск, Беларусь, e-mail: veronika12344321\_2020@mail.ru

<sup>2)</sup>Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
г. Минск, Беларусь, e-mail: abkaft@rambler.ru

В работе отражено влияние открытия гидроэлектростанций на гидрологический режим реки Западная Двина на участке от государственной границы с Российской Федерацией до реки Сосница.

**Ключевые слова:** гидрологический режим; геоинформационные технологии; ГИС-анализ; русловые процессы.

## ANALYSIS OF FLOODING TERRITORIES OF THE WESTERN DVINA RIVER FLOODLAND TERRITORIES

V. L. Sochivko<sup>1)</sup>, A. B. Kaftancikova<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4, Minsk,  
Belarus, e-mail: veronika12344321\_2020@mail.ru

<sup>2)</sup> Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4, Minsk,  
Belarus, e-mail: abkaft@rambler.ru

The work reflects the impact of the opening of hydroelectric power stations on the hydrological regime of the Western Dvina River in the area from the state border with the Russian Federation to the Sosnitsa River.

**Keywords:** hydrological regime; geographic information technologies; GIS analysis; channel processes.

Принадлежность реки Западная Двина к равнинному типу с преобладанием элементов снегового питания обуславливает общий характер годового хода уровенного режима – высокое весеннее половодье, низкие летне-осенняя межень и зимняя межень, почти ежегодно нарушаемые дождевыми паводками.

Весенний подъем уровней начинается за несколько дней до вскрытия и в среднем приходится на последнюю декаду марта. Ранние даты начала подъема отличаются от средних примерно на 30 дней, поздние – на 15–20 дней.

Наивысшие уровни весеннего половодья наблюдаются в первой половине апреля. В отдельные годы максимальный уровень наблюдался в первой половине марта. Поздние даты пика половодья приходятся на конец апреля – начало мая. Заканчивается половодье обычно в начале июня. Средняя продолжительность половодья составляет 70 – 75 дней. Самое продолжительное половодье (102 дня) наблюдалось в 1989 г. Наименьшая продолжительность половодья составила 45 дней и наблюдалась в 1974 году.

Среднее превышение максимальных уровней над низшим меженным составляет 7,5 – 8,5 м, а в годы с высоким половодьем может повышаться до 13 м. Вытянутая узкая форма бассейна оказывает существенное влияние на характер весеннего половодья. В связи с хорошими путями склонового стока на местности весеннее половодье развивается довольно быстро, суточное приращение уровня составляет от 3,5 до 4,5 м.

После окончания половодья устанавливается летне-осенняя межень, продолжающаяся в среднем 100 – 120 дней. В засушливые годы продолжительность межени увеличивается до 6 – 7 месяцев, а в дождливые составляет 30 – 45 дней. Низшие уровни в период межени чаще всего наблюдаются в августе – сентябре. Летне-осенняя межень почти ежегодно нарушается подъемами уровней от дождей. Амплитуда колебаний уровней может достигать 7 м. Гребни дождевых паводков островершинные, с резкими подъемами и спадами. Во многие годы вследствие осенних дождей происходит плавный подъем уровней воды, достигающий максимума 1,0 над низким уровнем предшествующего периода. Повышение уровня вызывается и ледяными образованиями, не отражающими, однако изменений водности реки. Наибольшие нарушения естественного хода уровня происходят преимущественно в начальный период ледостава от стеснения русла льдом и заторно-зажорных явлений, при этом подпорные уровни не превышают высших уровней весеннего половодья.

Зимняя межень обычно устанавливается в течение декабря. Наиболее раннее начало межени наблюдается в первой половине ноября, наиболее позднее около – середины января. Продолжается зимняя межень в среднем 75–80 дней при наименьшей 23 – 28 дней и наибольшей около 5 месяцев. По сравнению с летне-осенней, зимняя межень выше на 0,4 – 0,6 м.

Низкие зимние уровни наблюдаются преимущественно в декабре-январе. Зимние паводки являются следствием таяния снега во время оттепелей или зимних дождей, наблюдаются они сравнительно редко и, как правило, ниже летне-осенних.

Для работы были предоставлены в качестве исходных данных месячный уровень воды реки Западная Двина на гидропостах в агрогородке Улла, городах Витебск, Сураж.

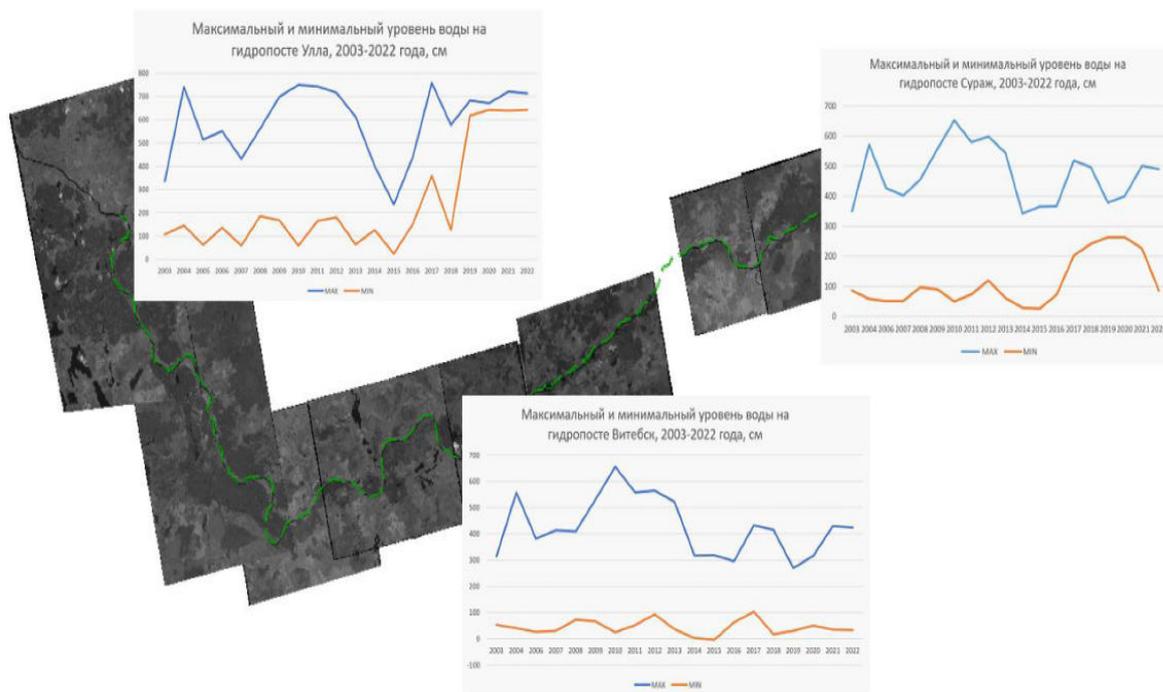


Рис. 1. Графики максимального и минимального среднего уровня воды на гидропостах участка реки Западная Двина, 2003–2022 гг.

Анализируя графики на рисунке 1, можно прийти к выводу, что:

- на изменение среднего уровня воды на гидропосте города Сураж в межень сказывается строительство Витебской ГЭС. Если, например, до строительства ГЭС минимальный средний уровень за каждый год изменялся незначительно, то в межень, когда река бедна водными ресурсами, после введения в эксплуатацию гидроэлектростанции, показатели возросли более чем в 2 раза. Причиной этого является накопление водной мощи в пределах построенной ГЭС.

- в период половодья средний уровень воды на гидропостах Витебска и Суража практически одинаков, что говорит о том, что в этот период задержание воды в пределах Витебской ГЭС не происходит.

- в межень если в Сураже идет накопление воды, то на Витебском гидропосте, который находится уже после гидроэлектростанции, изменений не произошло, показатели сравнимы с прошлыми двумя десятилетиями.

- отдельно можно рассмотреть показатели максимального и минимального среднего уровня воды за период с 2003 по 2022 год на гидропосте

в агрогородке Улла, расположенного перед Полоцкой ГЭС. В межень режим работы Полоцкой ГЭС совпадает с Витебской, о чем свидетельствует увеличения значения в графике минимального уровня воды после введения в работу гидроэлектростанций. В период половодья, можно заметить резкий спад уровня воды с 2013 по 2015 года, совпадающим с началом масштабного строительства сразу двух ГЭС. Причем на первых двух гидростоях в тот же период также заметно падение уровня воды, но не так сильно, как в Улле. Это связано с тем, что в Витебске и Сураже на объем воды в реке оказывало влияние строительство одной ГЭС, тогда как в Улле – сразу двух.

Чтобы произвести комплексный анализ затопляемости прибрежной территории реки Западная Двина, необходимо видеть динамику изменения русла за большое количество времени. Для начала анализа были взяты топографические карты масштаба 1:100000 с состоянием местности 1990 года, а также снимки 2014 и 2023 годов.

В результате должны получиться 3 однотипные пользовательских карты с состоянием реки в разных десятилетиях.

На рисунке 2 можно увидеть оцифрованный участок русла реки за 2014 год. Векторизовались берега реки, так как это более наглядно для дальнейшего анализа изменений, чем площадной условный знак.



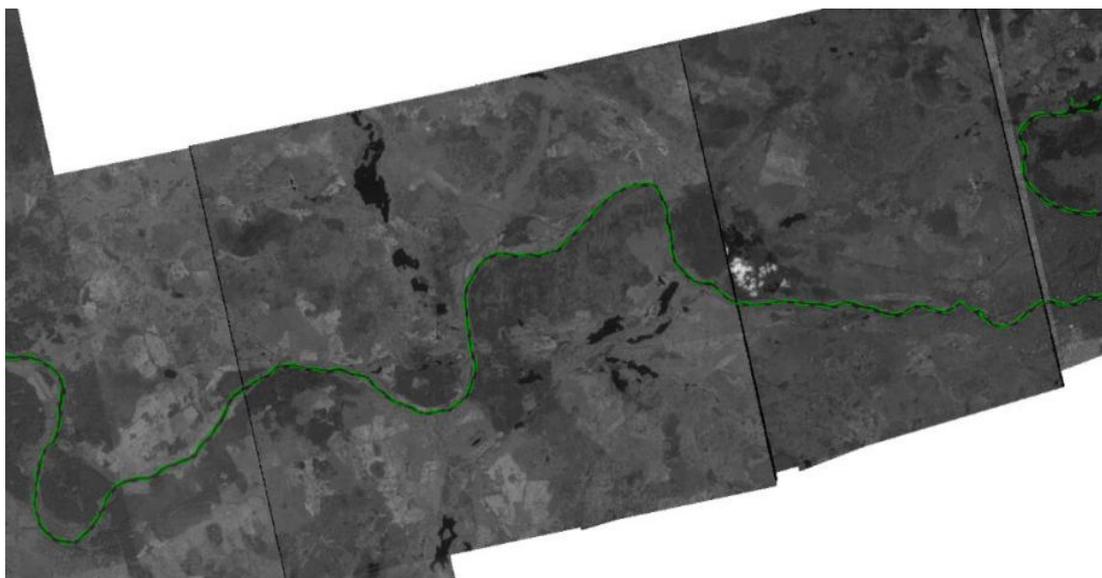
*Рис. 2.* Оцифрованный участок русла реки Западная Двина за 2014 год

На рисунке 3 продемонстрирована динамика работ на Витебской ГЭС с 2014 по 2015 год. В 2014 году русло еще имело свое естественное состояние.



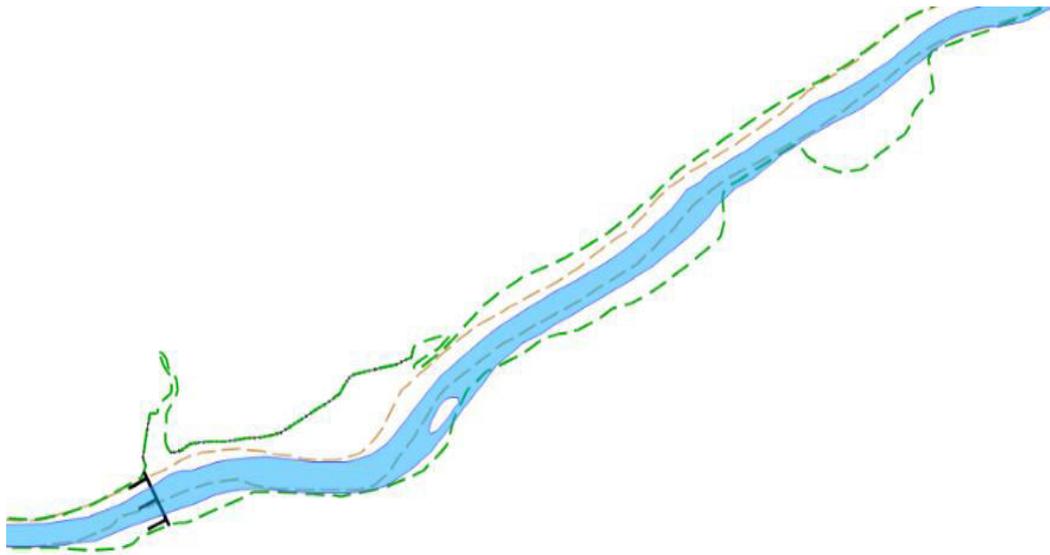
*Рис. 3.* Динамика работ по возведению Витебской ГЭС за 2014 и 2015 годы

Оцифрованный участок русла реки Западная Двина за 2023 год представлен на рисунке 4.

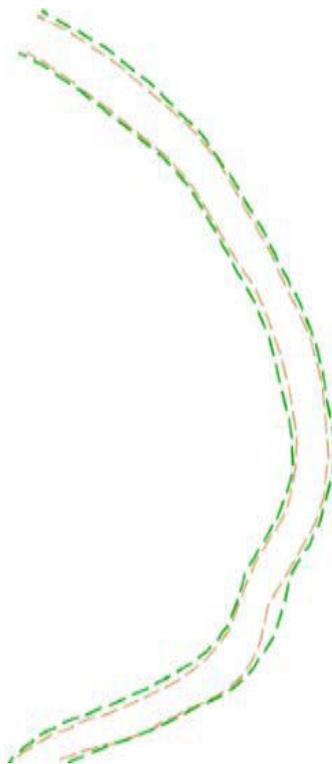


*Рис. 4.* Оцифрованный участок русла реки Западная Двина за 2023 год

Чтобы оценить изменения, связанные с эксплуатацией ГЭС, на рисунках 5 и 6 представлены участки русел рек перед Витебской и Полоцкой гидроэлектростанциями, соответственно. На рисунке 5 видно, что изменения русла не существенные. Вероятно, это обусловлено расположением данного фрагмента выше Полоцкой ГЭС.

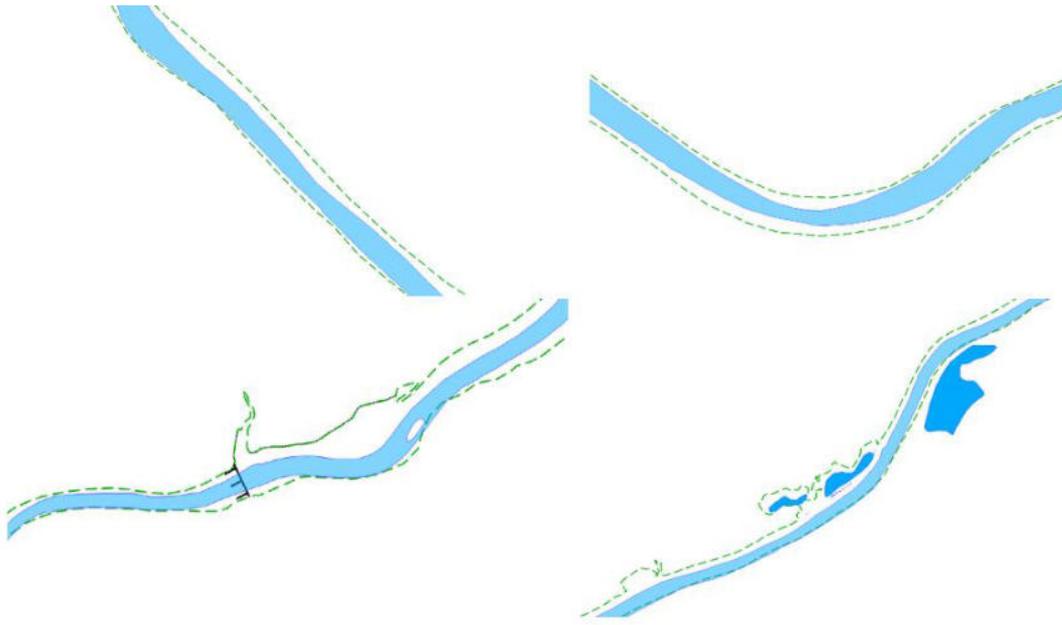


*Рис. 5.* Динамика изменения русла реки Западня Двина перед Витебской ГЭС, 1990 год (голубой площадной условный знак), с 2014 (жёлтый пунктир) по 2023 год (зеленый пунктир)



*Рис. 6.* Динамика изменения русла реки Западня Двина перед Полоцкой ГЭС с 2014 (жёлтый пунктир) по 2023 год (зеленый пунктир)

Для визуализации более масштабных изменений в русле реки была взята за основу топографическая карта за 1990 год (см. рис. 7).



*Рис. 7.* Динамика изменения русла реки Западной Двина за 1990–2023 годы

Помимо изменений береговых линий русла реки были выявлены изменения в конфигурации и расположении островов, в частности произошло приращение к берегам разрушенных старых, изменение новых островов или преобразование конфигурации некоторых из оставшихся (см. рис. 8).



*Рис. 8.* Изменение островов на реке Западной Двина с 2014 (телесная штриховка) по 2023 год (синяя конфигурация)

В рамках работы необходимо было также собрать данные и проанализировать изменения ширины реки Западная Двина на участке от Российской Федерации до реки Сосница, а также площадь всех островов.

ТОЧКИ ПО ТЕЧЕНИЮ РЕКИ	X (СК-42)	Y (СК-42)	Расстояние от границы с Российской Федерацией по течению реки, км	Ширина 1990 гг., м	Ширина 2014-2015 гг., м	Ширина 2023 гг., м	Максимальное изменение ширины меандрирования в точке с 1990-х по 2023 гг., м
1.	6157450.5945748003.607		0	84,861	109,493	104,94	48,854
2.	6154704.8785741688.589		7,14	46,546	107,943	106,568	51,131
3.	6152271.3805737354.804		12,52	91,7	116,563	127,352	44,95
4.	6149332.9385735823.268		15,99	87,561	146,552	148,863	93,042
5.	6151585.2735730059.449		23,6	122,599	147,764	147,127	18,468
6.	6150048.5975723659.631		30,56	172,862	200,748	201,657	26,045
7.	6146420.1925719499.300		36,14	95,856	164,382	168,566	44,674
8.	6142203.3285716780.566		41,34	78,098	190,764	191,674	66,788
9.	6137698.6585711808.213		48,45	102,674	175,834	181,564	60,761
10.	6134147.3445708028.196		53,98	128,562	161,785	436,042	319,452
11.	6132990.9835706095.788		56,14	156,823	221,674	357,902	223,674
12.	6131796.0765704230.192		58,44	104,143	148,143	403,785	203,109
13.	6130143.7645702228.402		61,04	158,144	142,894	526,657	325,737
<b>Витебская ГЭС</b>							
14.	6128679.0405698949.475		64,84	111,154	120,722	125,341	97,807
15.	6125621.1065700152.091		68,23	159,809	141,435	154,637	20,846
16.	6124872.0415703535.090		71,77	109,434	136,856	151,942	30,784
17.	6121071.4675702389.007		76,45	136,933	139,999	143,735	38,873
18.	6120235.0325699918.249		79,15	156,044	132,933	157,907	3,725
19.	6120267.1535696674.013		73,05	117,341	138,989	159,132	48,835
20.	6119786.6215692831.039		77,45	173,856	202,451	190,542	24,566
21.	6119492.3915686992.699		83,67	109,567	132,944	127,085	27,042
22.	6123916.1165682909.458		90,34	134,946	135,236	139,735	6,933
23.	6123578.2015680012.131		94,04	114,093	109,132	110,785	42,143
24.	6120887.7345676205.132		99,56	114,822	127,423	131,774	25,929
25.	6116149.2225674689.014		105,14	125,266	124,963	107,346	38,773
26.	6114158.9965670406.623		122,56	97,241	131,587	133,332	44,231
27.	6114730.7525667296.011		125,98	88,872	128,722	141,241	64,846
28.	6111017.5485662942.953		133,23	109,422	151,735	148,219	22,721
29.	6108638.0135659301.700		137,89	108,341	147,622	182,831	41,224
30.	6109796.9445655562.798		146,13	73,246	129,624	148,241	36,731
31.	6114161.5665654335.770		151,78	134,199	178,51	183,422	24,994
32.	6113885.3245648875.175		157,93	136,209	175,361	189,13	57,301
33.	6117868.3465646090.914		163,23	103,354	161,79	164,267	53,239
34.	6121654.7875644134.094		167,89	141,576	176,884	178,251	38,742
35.	6124110.1285644400.057		169,78	132,247	150,225	187,411	44,621
36.	6127480.2785641525.856		164,97	120,285	157,602	226,921	63,612
37.	6128447.7675639088.504		169,34	190,443	179,184	210,164	33,452
38.	6127531.6725635317.481		175,03	157,274	155,299	208,266	45,214
39.	6131011.0355633394.067		180,35	144,271	166,856	210,233	55,943
40.	6134113.9385630719.017		189,12	133,254	176,286	184,499	43,622
41.	6136616.8185628473.107		195,78	173,364	162,313	192,621	43,764
42.	6140921.0525626186.081		200,04	103,724	150,233	171,934	63,841
43.	6146484.4345627252.503		209,93	198,899	188,924	221,314	54,375

Рис. 9. Данные динамики изменения русла реки по точкам в 1990-е, 2014–2015 и 2023 годы

Анализируя данные из рисунка 9, можно отметить, что:

- средняя ширина русла реки Западная Двина в 1990-х годах до Витебской ГЭС — 110,033 м, а после — 134,809 м. Хотя Витебской ГЭС на тот период не существовало, различия в ширине русла могут быть также по причине естественного увеличения объема воды за счет притоков.

- средняя ширина русла реки Западная Двина в 2014-2015-ых годах до Витебской ГЭС — 156,503 м, а после — 155,508 м. В период с 2013 по 2016 года вблизи Витебска строилась гидроэлектростанция, поэтому ширина русла практически совпадает до и после ГЭС.

- средняя ширина русла реки Западная Двина в 2023-ем году до Витебской ГЭС — 238,669 м, а после — 171,802 м. Именно в 2023-ем году можно отследить влияние ГЭС на реку. Различия ширины в 67 м, свидетельствует,

что перед ГЭС произошла задержка воды, при этом в сравнении с прошлыми годами все равно после гидроэлектростанции ширина реки увеличилась на 37 м по сравнению с 1990-ими годами и на 16 м с 2014-2015-ими годами, что объясняет наличие Полоцкой ГЭС ниже по течению.

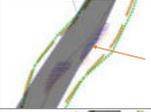
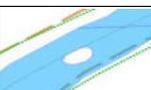
№ острова по течению реки	1990-е	S м <sup>2</sup>	2014	S м <sup>2</sup>	2023	S м <sup>2</sup>	примечание	скриншот
1.	нет	-	есть	2504	есть	2596	был разделен в 2014 году	
2.	нет	-	есть	3215	есть	2898		
3.	есть	60328	есть	40990	есть	40120		
4.	есть	2871	нет	-	нет	-		
5.	нет	-	нет	-	есть	10769	суша как коса, отделяющая реку и водоем	
6.	есть	9485	нет	-	нет	-		
7.	нет	-	нет	-	есть	7251		
8.	нет	-	нет	-	есть	9671		
9.	нет	-	есть	8495	есть	9068		

Рис. 10. Данные динамики изменения островных массивов на реке Западная Двина в 1990-е, 2014 и 2023 годы

Также для более полного анализа влияния Витебской и Полоцкой ГЭС была собрана информация по всем островам на участке от Российской Федерации до впадения в Западную Двину реки Сосница.

На рисунке 10 можно увидеть наличие или отсутствие острова в 1990-ых, 2014–2015-ых и в 2023-ем году, а также их площадь.

Самый крупный остров под номером 3 уменьшился на 1/3 с 1990-ых по 2014–2015 годы. Острова под номером 4 и 6 существовали в 1990-х, но на снимках поздних лет отсутствуют. Острова под номерами 1, 2, 5, 7, 8 и 9 появились приблизительно до 2014–2015-ых годов, но после 1990-ых.

## Библиографические ссылки

1. Бассейн Западной Двины (изображение) [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ВВ:Zapadnaya\\_Dvina.png](https://ru.wikipedia.org/wiki/ВВ:Zapadnaya_Dvina.png) - Дата доступа: 07.04.2024.
2. *Гриневич А. Г., Емельянов Ю. Н.* Река Западная Двина. (Природа рек, озер и водохранилищ Белоруссии). Минск, 1989. 91 с.
3. *Моляренко В. Л.* Гидрологические условия Западной Двины в пределах города Витебска (Республика Беларусь). Гомель, 2004. 9 с.
4. *Берлянт А. М.* Картография: учебник для вузов. Минск : Аспект Пресс, 2002. 336 с.
5. Список проектов КБ ГИС Панорама [Электронный ресурс]. URL: <https://help14.gisserver.ru/> (дата обращения: 03.09.2023).
6. Геоинформационная система «Карта 2005». Руководство пользователя. Версия 10.0 / Ногинск : Панорама, 2010. 134 с.
7. ГКНП 05-016-2018 Условные знаки для топографической карты масштаба 1:100 000. Введ. 01.03.2018. Минск : Белгеодезия, 2018.
8. Редакционно-технические указания по созданию топографических карт масштаба 1:100 000. Минск : Белгеодезия, 2013.
9. Редакционно-технические указания по созданию топографических карт масштаба 1:10 000. Минск : Белгеодезия, 2013.