

УДК 627.8

С. В. СОБОЛЬ, д-р техн. наук, проф. кафедры гидротехнических и транспортных сооружений

**К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ДЛИНЫ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ
И ПЛОЩАДИ ВОДНОГО ЗЕРКАЛА
БОЛЬШИХ РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ
В ПРОЦЕССЕ МНОГОЛЕТНЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-42-89;
эл. почта: gs@nngasu.ru

Ключевые слова: равнинные водохранилища, многолетняя эксплуатация, береговая линия, водное зеркало, изменения.

По результатам современных натурных исследований 14 больших равнинных водохранилищ выявлена тенденция и синтезирована в первом приближении общая закономерность увеличения длины береговой линии с одновременным уменьшением площади водного зеркала за многолетний период эксплуатации, отличная от бытующего представления 1960-х гг. Статья посвящена обсуждению этого вопроса.

Введение. Режим работы водохранилищ в России регламентируется документом «Основные правила использования водных ресурсов водохранилища» для каждого из них, включающим данные о морфометрических показателях – объемах, площади зеркала, длине береговой линии. Большинство российских водохранилищ эксплуатируются с использованием проектных морфометрических показателей, которые теряют с течением времени первоначальную относительную достоверность. Поэтому их надо уточнять, связывая с определенными периодами существования водохранилища, что дает представление об изменении размеров его чаши вследствие процессов заиления и берегопереформирования, открывает возможность корректировать отдачу по воде и электроэнергии. В статье на базе имеющейся информации [1] обсуждается вопрос изменения морфометрических показателей больших равнинных водохранилищ в процессе многолетней эксплуатации.

Уменьшение объема водохранилищ. Об этом имеется наша подробная публикация от 2014 г. [2]. Общая закономерность, синтезированная [3] из данных по 22 водохранилищам (14 на европейской территории России и 6 на Украине), показала уменьшение полного объема больших равнинных водохранилищ на 0,031 % в год с очень слабо затухающей интенсивностью. Это существенно меньше, чем предполагалось прогнозами 1960-х гг. для равнинных водохранилищ России емкостью 40–70 % от среднегодового стока рек (0,1–0,5 % в год) [4]. Но потеря их суммарного полного объема уже ощутима [2]. Специалисты-географы считают, что прогноз потерь объемов водохранилищ – это «важная научно-практическая задача мирового уровня» [5].

Далее обращаемся к материалам об изменении плановой конфигурации водохранилищ.



Изменение длины береговой линии водохранилищ. С течением времени происходит плановое переформирование берегов водохранилища. Оно выражается в трансформации береговой полосы с перемещением уреза НПУ (береговой линии) вглубь прилегающей территории, или наоборот – в сторону акватории (рис. 1 цв. вклейки).

По представлению 1960-х гг. вследствие планового выравнивания берегов водохранилища длина береговой линии будет сокращаться. Количественные данные по двум-трем водохранилищам в 1950–1960-е гг. подтверждали это. Так, сообщалось, что протяженность береговой линии Куйбышевского водохранилища с 1959 г. по 1963 г. сократилась, по материалам аэрофотосъемки, от 2500 до 2100 км, а общая «длина берегов» Цимлянского водохранилища при НПУ за первые 10 лет эксплуатации (1952–1962 гг.) уменьшилась на 24 % [6]. Однако в современных исследованиях [7, 8, 9, 10] предположение о сокращении длины береговой линии с возрастом водохранилищ подтверждения не нашло.

В табл. 1 сведены данные изысканий ННГАСУ и других организаций, отразившие изменения, произошедшие с длиной береговой линии больших (>100 км²) водохранилищ за многолетний период. Сведения можно считать относительно достоверными, так как во всех случаях за первоначальную бралась проектная длина береговой линии, а определение современной ее длины было результатом промерных работ, выполнявшихся в полевых условиях практически одинаковыми средствами.

Обобщенные в табл. 1 данные свидетельствуют, что из 14 исследованных водохранилищ к настоящему времени 10 имеют длину береговой линии больше проектной, 2 – меньше, на двух изменения за малостью не прослежены. Увеличение длины береговой линии против проектной зафиксировано от 1,47 % после 40 лет эксплуатации на Волгоградском водохранилище [23] до 62,6 % за 54 года на Камском водохранилище [9, 21]. Значительное превышение протяженности береговой линии Камского водохранилища над проектной исполнители связывают в том числе с уточнением ее конфигурации, особенно в верховьях крупных заливов [9]. Сокращение на четверть длины береговой линии Цимлянского водохранилища [6, 33] не подтверждено [25] и в действующих Правилах [24] использована ее первоначальная длина.

Проследить динамику изменения во времени длины береговой линии конкретных водохранилищ из-за отсутствия промежуточных данных не представилось возможным, однако открывшееся обстоятельство ее увеличения на большинстве исследованных водохранилищ после значительного срока эксплуатации побудило интерес к синтезу общего тренда. Полученная в результате итоговая модель динамики процесса прочерчена на рис. 1.

Модель определенно показала тенденцию постепенного увеличения длины береговой линии больших равнинных водохранилищ (в т. ч. в криолитозоне) после периода начальной эксплуатации до возраста 40–60 лет с интенсивностью 0,25 % в год.



Таблица 1

Изменение длины береговой линии больших равнинных водохранилищ за многолетний период эксплуатации [1]

Водо-хранилище	Длина береговой линии проектная, км	Период нормальной эксплуатации (возраст), годы	Длина береговой линии в конце периода, км	Изменение длины береговой линии (+увеличение; –уменьшение)		Источники информации
				км	%	
Иваньковское	820	1937 –2009 (72)	938,5	+118,5	14,4	[11, 12]
Угличское	883	1943 –2008 (65)	938,4	+55,4	6,27	[13]
Рыбинское	2460	1947 –2007 (60)	2150	–310	12,6	[14, 15]
		1947 –2010 (63)	2326	–134	5,4	[16]
Горьковское	2170	1957 –1992 (35)	2228	+58	2,7	[14, 13,
		1957 –2009 (52)	2963	+793	36,5	16, 17]
Чебоксарское	–	1981 –2006 (25)	700	0	0	[18]
Камское	–	1954 – 1966	1394			[19, 20]
		1966 –2008 (54)	2268*	+874	62,6	[9, 21]
Воткинское	–	1961 –1972	970			[10, 22]
		1972 –2009 (48)	1492,7	+522,7	53,8	
Куйбышевское	2500	1959 – 1963 (4)	2100	– 400	16,0	[6]
Волгоградское	2028	1960 –2000 (40)	2058	+30	1,47	[23]
Цимлянское	912	1952 –2010 (58)	912	0	0	[24, 25]
Пензенское	99	1979 –2005 (26)	109	+10	10,1	[26]
Новосибирское	800	1959 –2009 (50)	725,6	–74,4	9,3	[27, 28]
Усть-Хантайское	968	1971 –1978 (7)	999,4	+31,4	3,25	[29, 30]
Вилуйское	2750	1973 –1985 (12)	2755	+5	0,18	[31, 32]

*За вычетом 482,6 км береговой линии в верховье водохранилища, не учтенной в 1966 г. [9].

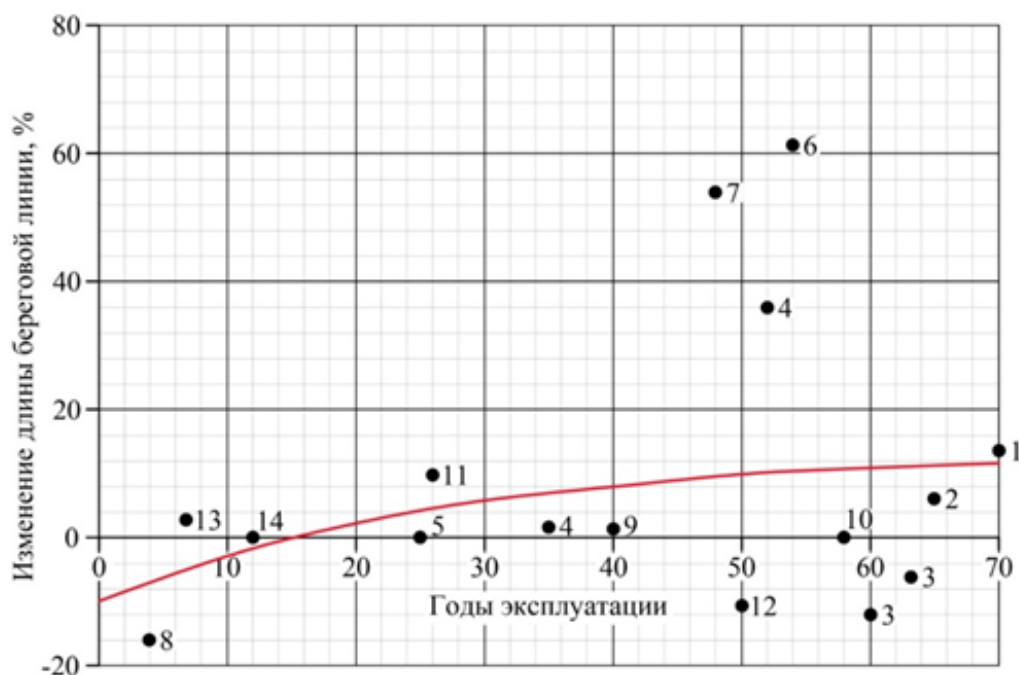


Рис. 1. Показатели и общий тренд изменения длины береговой линии больших равнинных водохранилищ за многолетний период эксплуатации: 1 – Ивановское; 2 – Угличское; 3 – Рыбинское; 4 – Горьковское; 5 – Чебоксарское; 6 – Камское; 7 – Воткинское; 8 – Куйбышевское; 9 – Волгоградское; 10 – Цимлянское; 11 – Пензенское; 12 – Новосибирское; 13 – Усть-Хантайское; 14 – Вилюйское [1]

Изменение площади зеркала водохранилищ. Площадь водного зеркала водохранилищ оконтуривается береговой линией при НПУ. На прежних принципах обобщена информация об изменении со временем площадей зеркала 12 больших равнинных водохранилищ (табл. 2). Из них по прошествии лет у 9 водохранилищ проявилось ее уменьшение, у трех увеличение, у одного изменение не прослеживалось. Синтез совокупности данных привел к динамической модели процесса, графически показанной на рис. 2.

Построенная динамическая модель отразила общую тенденцию уменьшения площади зеркала больших равнинных водохранилищ на 5–7 % от проектной к 50–70-летнему рубежу эксплуатации.

Некоторой иллюстрацией к уменьшению площади зеркала может послужить пример Камского водохранилища на рис. 2 цв. вклейки [23].

**К СТАТЬЕ С. В. СОБОЛЯ
«К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ДЛИНЫ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ И
ПЛОЩАДИ ВОДНОГО ЗЕРКАЛА
БОЛЬШИХ РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ
В ПРОЦЕССЕ МНОГОЛЕТНЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ»**



а



б



в

Рис. 1. Переформировывающиеся берега водохранилищ с изменением положения береговой линии: *а, б* – дугообразные абразионный (размываемый) и аккумулятивный участки левого берега Горьковского водохранилища у пос. Сокольское, 2007 г.; *в* – зарастающий залив Рыбинского водохранилища в Шекснинском плесе у пос. Мякса, переходящий в биогенную сушу, 2009 г.

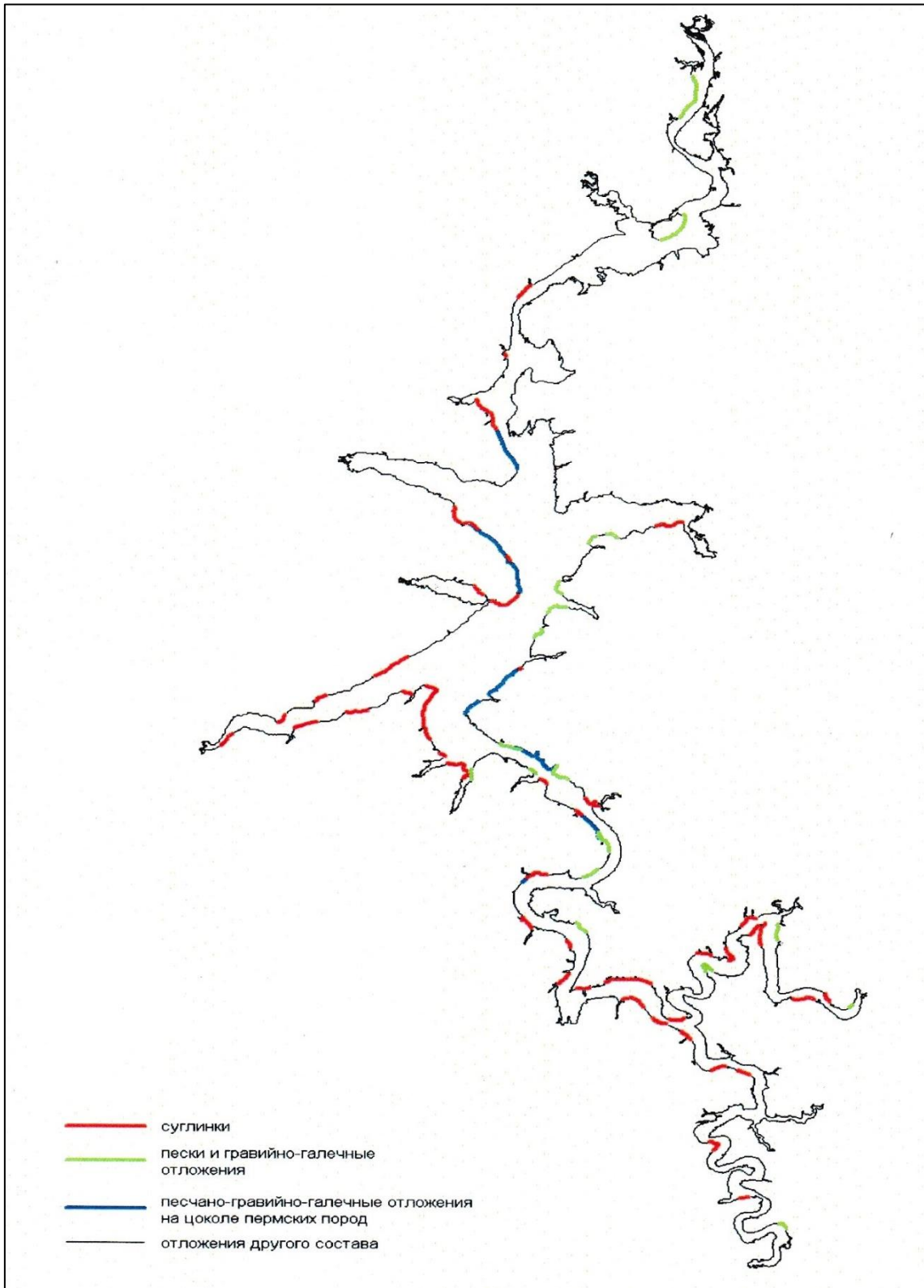


Рис. 2. Участки накопления наносов в береговой зоне Камского водохранилища [23] (Пермский государственный университет, 2009)

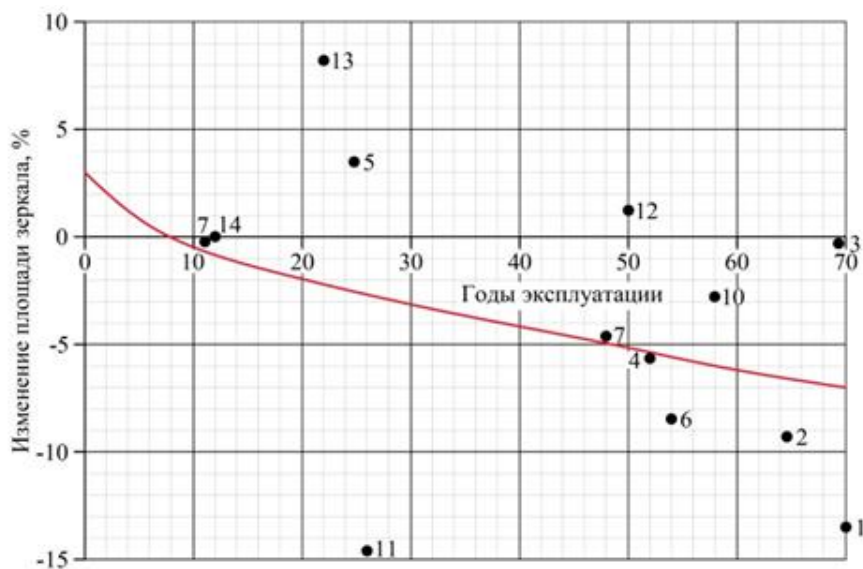


Рис. 2. Показатели и общий тренд изменения площади зеркала больших равнинных водохранилищ за многолетний период эксплуатации: 1 – Ивановское; 2 – Угличское; 3 – Рыбинское; 4 – Горьковское; 5 – Чебоксарское; 6 – Камское; 7 – Воткинское; 10 – Цимлянское; 11 – Пензенское; 12 – Новосибирское; 13 – Усть-Хантайское; 14 – Вилюйское [1]

Таблица 2

**Изменение площади зеркала больших (> 100 км²)
равнинных водохранилищ за многолетний период эксплуатации [1]**

Водо-хранилище	Площадь зеркала проектная, км ²	Период нормальной эксплуатации (возраст), годы	Площадь зеркала в конце периода, км ²	Изменение площади зеркала (+увеличение; –уменьшение)		Источники информации
				км ²	%	
Иваньковское	327	1937 – 2009(72)	282,7	–44,3	13,5	[2]
Угличское	249	1943 – 2008(65)	226,1	–22,9	9,19	[13, 14]
Рыбинское	4550	1941 – 2010(69)	4545,5	–4,5	0,10	[16, 34]
Горьковское	1591	1957 – 2009(52)	1497,5	–93,5	5,87	[13, 16, 34]
Чебоксарское (ВПУ=63,0)	1080	1981 – 2006(25)	1118,33	+38,3	3,54	[35, 36]
Камское	1915	1954 – 2008(54)	1754,1	–16,1	8,40	[20, 21]
Воткинское	1120	1961 – 1972(11)	1119,4	–0,6	0,05	[10, 22]
		1961 – 2009(48)	1066,7	–53,3	4,75	
Куйбышевское	6450	с 1959	нет информации			[14]
Волгоградское	3120	с 1960	нет информации			[14]
Цимлянское	2702	1952 – 2010(58)	2624	–78	2,9	[24, 25]
Пензенское	110	1979 – 2005(26)	94,04	–15,96	14,5	[26]
Новосибирское	1070	1959 – 2009(50)	1082	+12	1,12	[27, 28]
Усть-Хантайское	2120	1970 – 1992(22)	2295	+175	8,25	[37, 38]
Вилюйское	2170	1973 – 1985(12)	~2170	0	0	[39]



Выявленная общая тенденция (закономерность) увеличения длины береговой линии с одновременным уменьшением площади водного зеркала больших равнинных водохранилищ за многолетний период эксплуатации по совокупности данных до публикации [1] в научной литературе не отмечалась. Аналитическая связь длины береговой линии с площадью зеркала неосуществима.

Развитие темы. В 2017 г. появились сторонние данные об уменьшении площади зеркала Горьковского водохранилища на 82 км² или на 5,15 % [40]. Батиметрическими съемками Краснодарского водохранилища на р. Кубани, заполненного в 1973 г., было подтверждено сокращение его площади зеркала за период 2005–2016 гг. с 382 км² до 275,7 км² [41]. Зафиксировано уменьшение площади зеркала у двух из трех водохранилищ Москворецкой водной системы, относящихся к категории «средние» (10–100 км²) и увеличение у них длины береговых линий (табл. 3) [42]. Таким образом, выявленная общая тенденция трансформации контуров водохранилищ после многолетней эксплуатации начала находить дополнительные подтверждения.

Таблица 3

Изменение длины береговой линии и площади зеркала водохранилищ Москворецкой водной системы [42]

Водохранилище	Истринское	Рузское	Озернинское	Рублевское
Период эксплуатации (возраст), годы	1935 – 2009 (74)	1966 – 2009 (43)	1967 – 2009 (42)	1932 – 2009 (77)
Длина береговой линии проектная, км	178	128	65	–
Изменение длины береговой линии, км (%)	– 17,61 (9,9)	+5,12 (4,0)	+47,16(72,6)	–
Площадь зеркала проектная, км	33,6	32,7	21,36	2,68
Изменение площади зеркала, км (%)	+1,1 (3,3)	– 2,2 (6,7)	– 1,7 (7,4)	– 0,3 (10,0)

Действительность и логика. Вместе с этим в 2019 г. в журнале «Водное хозяйство России» вышла статья [5] «Изменение морфометрических параметров крупных равнинных водохранилищ: причины и последствия (на примере Камского водохранилища)», поступившая из Камского филиала РосНИИВХ (г. Пермь), в которой с описанной тенденцией выражено несогласие, так как она (тенденция) «не следует логике». Оставив логические аргументы несогласия за скобками, заметим, что делать обобщающие количественные выводы на базе одного объекта – это как строить график по одной точке. В названной статье [5] бракуются результаты предпроектных, также и современных съемок ложа Камского водохранилища [9, 20, 21], отстаивается представление 1960-х гг. [6]. Похоже, что ее составитель настолько проникся этим представлением, что по прошествии лет даже задумываться над его правильностью ему кажется кощунством.

Следует, видимо, подчеркнуть, что описанная тенденция не придумана, а подмечена при анализе результатов исследований ННГАСУ и сторонних



опубликованных данных по 14 большим равнинным водохранилищам. Причем почти все величины изменений контуров водохранилищ, записанные в табл. 1 и 2, не выходят за пределы погрешностей в 3 % [42, 43]. Изменение плановых конфигураций действующих водохранилищ – длительный, если не бесконечный процесс. Она (тенденция, закономерность) возможно выглядит пока как гипотеза. Нами сделано первое ее количественное описание и интерпретация его в будущем, весьма вероятно, не изменит существо полученного общего результата.

Вывод. Мы не оспариваем мнение других и ничего не опровергаем. Но приведенные нами данные просто так (по логике) отвергнуть нельзя. Для этого нужны другие количественные данные. Дальнейшее уточнение поведения береговой линии и площади зеркала больших равнинных водохранилищ – задача натуральных исследований за пределами охваченного их количества и возраста. Этот вопрос остается пока открытым. Если же через 30 или 50 лет приспелют нужные материалы, и вопрос вдруг разрешится так, что сегодняшний наш результат научное гидротехническое (также географическое) сообщество, достигнув единогласия, обоснованно признает неверным, автору самому будет уже все равно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Румянцев, И. С. Актуализация и решение научно-технической проблемы по оценке и прогнозу изменения морфометрических параметров равнинных водохранилищ России в период эксплуатации / И.С. Румянцев, И.С. Соболев // Приволжский научный журнал, 2014. – № 2. – С. 75–83.
2. Румянцев, И. С. Изменение объема равнинных водохранилищ на эксплуатационной фазе жизненного цикла / И. С. Румянцев, И. С. Соболев, С. В. Соболев // Гидротехническое строительство, 2014. – № 3. – С. 2–9.
3. Громов, Ю. А. Синтез динамической модели процесса по измеренным характеристикам неоднородных объектов (в задачах гидротехнического строительства) / Громов Ю. А., Соболев И. С. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Сер. «Технические науки», 2012. – № 4. – С. 120–126.
4. Инженерно-географические проблемы проектирования и эксплуатации крупных равнинных водохранилищ / Отв. ред. С. Л. Вендров. – Москва : Наука, 1972. – 240 с.
5. Белобородов, А. В. Изменение морфометрических параметров крупных равнинных водохранилищ: причины и последствия (на примере Камского водохранилища) / Белобородов А. В. // Водное хозяйство России, 2019. – № 4. – С. 72– 2.
6. Пышкин, Б. А. Динамика берегов водохранилищ / Б. А. Пышкин. – Киев : Наукова думка, 1973. – 413 с.
7. Соболев, И. С. Закономерности эволюции абразионных берегов равнинных водохранилищ / И. С. Соболев // Приволжский научный журнал, 2012. – № 4. – С. 149–154.
8. Соболев, И. С. Об измерении длины береговой линии водохранилищ / И. С. Соболев, С. В. Соболев, А. С. Крупинов // Водное хозяйство России, 2014. – № 6. – С. 30–43.
9. Михалев, В. В. Современная морфология Камского водохранилища / В. В. Михалев, И.К. Мацкевич // Водное хозяйство России, 2010. – № 3. – С. 4 – 18.
10. Михалев, В. В. Современная морфометрия Воткинского водохранилища / В. В. Михалев, И. К. Мацкевич, А. В. Белобородов // Водное хозяйство России, 2011. – № 1. – С. 23–32.



11. Определение границ водоохранных зон и прибрежных защитных полос Ивановского водохранилища / Отчет о НИР № И-11-24; НПЦ «Кадастр». – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2011.
12. Уточнение морфометрических характеристик водохранилищ водораздельного бьефа канала имени Москвы / Отчет. – Москва: ГОИН, 2009.
13. Землянов, И. В., Уточнение морфологических характеристик водохранилищ Волжско-Камского каскада / И. В. Землянов, О. В. Горелиц, А. Е. Павловский, Е. Ю. Шикунова // Тезисы доклада на научно-техническом совете Верхне-Волжского бассейнового водного управления. – Москва: ГОИН, 2010. – 10 с.
14. Вода России. Водоохранилища / Под науч. ред. А. М. Черняева, РосНИИВХ – Екатеринбург: АКВА-ПРЕСС, 2001. – 700 с.
15. Водоохранилища Верхней Волги / Рук. авт. коллектива В. С. Дементьев. – Нижний Новгород: ВВБВУ, 2008. – 156 с.
16. Красильников, В. М., Уточнение морфометрических параметров водохранилищ на базе цифровых моделей рельефа / В. М. Красильников, И. С. Соболев // Вестник МГСУ, 2012. – № 10. – С. 272–280.
17. Соболев, С. В. Анализ переформирования абразионных берегов Горьковского водохранилища за период эксплуатации 1957–2010 гг. с прогнозом на следующее десятилетие / С. В. Соболев, И. С. Соболев, Л. Б. Иконников, Д. Н. Хохлов // Гидротехническое строительство, 2011. – № 12. – С. 23–30.
18. Коломиец, А. М., Динамика абразионных берегов Чебоксарского водохранилища / А. М. Коломиец, Л. П. Зайцева, С. В. Соболев, И. С. Соболев, Д. Н. Хохлов, В. М. Красильников // Гидротехническое строительство, 2012. – № 12. – С. 29–33.
19. Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов СССР / Под общ. ред. П. С. Непорожного. – Москва: Энергия, 1970. – 320 с.
20. Матарзин, Ю. М. Вопросы морфометрии и районирования водохранилищ / Ю. М. Матарзин, И. К. Мацкевич // Вопросы формирования водохранилищ и их влияние на природу и хозяйство. – Пермь: Пермский гос. ун-т, 1970. – Вып. 1. – С. 27–45.
21. Михалев, В. В. Современные данные по морфометрии Камского водохранилища / В. В. Михалев, И. К. Мацкевич // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: труды Международной научно-практической конференции. – Пермь: Пермский гос. ун-т, 2009. – Том 1. – С. 86–91.
22. Правила использования водных ресурсов Камского и Воткинского водохранилищ на р. Кама. – Санкт-Петербург: ЗАО «Гидротех», 2004. – 82 с.
23. Назаров, Н. Н. Современное переформирование берегов водохранилищ Волжско-Камского каскада / Н. Н. Назаров, Н. Н. Виноградова // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: труды Международной научно-практической конференции. – Пермь: Пермский гос. ун-т, 2009. – Том 1. – С. 102–107.
24. Основные положения правил использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища на р. Дон / Госземводхоз РСФСР. – Москва: Управление по регулированию и использованию водных ресурсов, 1965. – 28 с.
25. Проектные и современные параметры Цимлянского водохранилища / Письмо Донского БВУ в ННГАСУ № 01-14/780 от 01.03.2013. – Ростов-на-Дону, 2013, 5 с.
26. Соболев, С. В. Формирование чаш малых водохранилищ в бассейне Верхней Волги / С. В. Соболев, И. С. Соболев, П. В. Потемин // Исследование актуальных геоэкологических проблем Приволжья: сборник научных трудов. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2009. – С. 216–274.
27. Информация по Новосибирскому водохранилищу / Письмо Верхне-Обского БВУ в ННГАСУ № 05/11/0481 от 05.04.2013. – Новосибирск, 2013. – 2 с.
28. Федорова, Е. А. Изменение морфометрических характеристик Новосибирского водохранилища за 50-летний период эксплуатации / Е. А. Федорова // X ежегодная конференция молодых ученых ИВЭП РАН. – Новосибирск, 2010. – С. 14–15.



29. Кроник, Я. А., Переформирование чаши и берегов искусственных водохранилищ в криолитозоне / Я. А. Кроник, Т. С. Оникиенко // Инженерная геология, 1980. – № 3 – С. 120–129.
30. Широков, В. М. Формирование берегов и ложа крупных водохранилищ Сибири / В. М. Широков. – Новосибирск: Западно-Сибирское книжное изд-во, 1979. – 92 с.
31. Бурлаков, В. М. Районирование Виллойского водохранилища. Типизация и классификация его берегов / В. М. Бурлаков // Влияние ГЭС на окружающую среду: сборник научных трудов. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. – С. 34–42.
32. Великин, С. А. Результаты инструментальных наблюдений и адаптивного прогноза термоабразии берегов Виллойского водохранилища / С. А. Великин, И. С. Соболев, С. В. Соболев, Д. Н. Хохлов // Гидротехническое строительство, 2013. – № 6. – С. 2–8.
33. Реки и озера мира: энциклопедия / Ред. коллегия В. И. Данилов-Данильян [и др.]; Ин-т водных проблем РАН, Ин-т озероведения РАН, Географический фак-т МГУ. – Москва: Энциклопедия, 2012. – 924 с.
34. Основные правила использования водных ресурсов Рыбинского и Горьковского водохранилищ на р. Волге. – Москва: АО Институт Гидропроект, 2001. – 39 с.
35. Обоснование инвестиций завершения строительства Чебоксарского гидроузла / 0272-ОИ. Этап 2. – Самара: ОАО «Инженерный центр энергетики Поволжья», 2006.
36. Оценка последствий подъема уровня Чебоксарского водохранилища до отметки 68,0 м для г. Нижнего Новгорода и Нижегородской области / Отчет об экспертно-исследовательской работе. Общая пояснительная записка. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2007. – 140 с.
37. Морфометрические характеристики водохранилищ, входящих в зону деятельности Енисейского БВУ: письмо Енисейского БВУ в ННГАСУ № 05-786 от 06.03.2013. – Красноярск, 2013. – 16 с.
38. Оникиенко, Т. С. Уточнение связи объемов и уровней водохранилища Усть-Хантайской ГЭС / Т. С. Оникиенко // Гидротехническое строительство, 1995. – № 3. – С. 19–23.
39. Кудояров, Л. И. Влияние изменений мерзлотных условий в чаше водохранилищ на функционирование северных ГЭС / Л. И. Кудояров, Т. С. Оникиенко // Гидротехническое строительство, 1990. – № 2. – С. 8–11.
40. Законнов, В. В. Пространственно-временная трансформация грунтового комплекса водохранилищ Волги / В. В. Законнов // Водное хозяйство России, 2017. – № 4. – С. 60–74.
41. Лагута, А. А. Особенности заиления Краснодарского водохранилища. Опыт оценки по данным батиметрических съемок / А. А. Лагута, А. В. Погорелов // Географический вестник = Geographical bulletin, 2018. – № 4. – С. 54–66.
42. Шапоренко, С. И. Изменение морфометрических параметров водохранилищ Москворецкой водной системы за период их эксплуатации / С. И. Шапоренко, С. В. Ясинский, И. А. Вишневская // Водное хозяйство России, 2014. – № 1. – С. 4–22.
43. Пьянков, С. В. К вопросу о точности выполнения картометрических работ традиционными способами и с применением ГИС-технологий / С. В. Пьянков, В. Г. Калинин // Вопросы физической географии и геоэкологии Урала: межвуз. сб. науч. тр. – Пермь: Пермский ун-т, 2000. – С. 50–54.

SOBOL Stanislav Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor of the department of hydraulic engineering and transport structures

**ON THE ISSUE OF CHANGING THE LENGTH OF THE COASTLINE AND
THE AREA OF THE WATER MIRROR OF THE GREAT PLAINS
RESERVOIRS IN THE PROCESS LONG-TERM OPERATION**



Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Il'inskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-42-89;
e-mail: gs@nngasu.ru

Key words: lowland reservoirs, long-term operation, shoreline, water mirror, changes.

From the results of modern field studies of 14 large plain storehouses, a trend has been identified and the general law of increasing the length of the coastline with a simultaneous decrease in the area of the water mirror over a long period of operation, different from the prevailing ideas of the 1960s, has been synthesized in the first approximation. The article is devoted to discussing this issue.

REFERENCES

1. Rumyantsev I. S., Sobol I. S. Aktualizatsiya i reshenie nauchno-tekhnicheskoy problemy po otsenke i prognozu izmeneniya morfometricheskikh parametrov ravninnykh vodokhranilish Rossii v period ekspluatatsii [Actualization and solution of a scientific and technical problem for the assessment and prediction of changes in morphometric parameters of lowland reservoirs of Russia during operation] // Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2014. – № 2. – P. 75–83.
2. Rumyantsev I. S., Sobol I. S., Sobol S. V. Izmenenie obyoma ravninnykh vodokhranilish na ekspluatatsionnoy faze zhiznennogo tsikla [Changing the volume of plain reservoirs at the operational phase of the life cycle] // Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo [Hydrotechnical construction], 2014. – № 3. – P. 2–9.
3. Gromov Yu. A., Sobol I. S. Sintez dinamicheskoy modeli protsessa po izmerennym kharakteristikam neodnorodnykh obektov (v zadachakh gidrotekhnicheskogo stroitelstva) [Synthesis of a dynamic process model based on the measured characteristics of heterogeneous objects (in the problems of hydraulic engineering construction)] / Izvestia vysshikh uchebnykh zavedeniy. Seriya "Tekhnicheskie nauki" [News of higher educational institutions. Ser. "Technical Sciences"], 2012. – № 4. – P. 120–126.
4. Inzhenerno-geograficheskie problemy proektirovaniya i ekspluatatsii krupnykh ravninnykh vodokhranilish [Engineering and geographical problems of design and operation of large plain reservoirs] / otv. red. S. L. Vendrov. – Moscow: Nauka, 1972. – 240 p.
5. Beloborodov A. V. Izmenenie morfometricheskikh parametrov krupnykh ravninnykh vodokhranilish: prichiny i posledstviya (na primere Kamskogo vodokhranilisha) [Change in morphometric parameters of large plain reservoirs: causes and consequences (on the example of the Kama reservoir)] / Vodnoe khozyaystvo Rossii [Water economy of Russia]. 2019. – № 4. – P. 72–92.
6. Pyshkin B. A. Dinamika beregov vodokhranilish [Dynamics of reservoir shores]. – Kiev : Naukova dumka, 1973. – 413 p.
7. Sobol I. S. Zakonomernosti evolyutsii abrazionnykh beregov ravninnykh vodokhranilish [Regularities of the evolution of abrasive shores of lowland reservoirs] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2012. – No. 4. – P. 149–154.
8. Sobol I. S., Sobol S. V., Krupinov A. S. Ob izmerenii dliny beregovoy linii vodokhranilish [On measuring the length of the shoreline of reservoirs] / Vodnoe khozyaystvo Rossii [Water economy of Russia], 2014. – № 6. – P. 30–43.
9. Mikhalev V. V., Matskevich I. K. Sovremennaya morfologiya Kamskogo vodokhranilisha [Modern morphology of the Kama reservoir] / Vodnoe khozyaystvo Rossii [Water economy of Russia], 2010. – № 3. – P. 4–18.



10. Mikhalev V. V., Matskevich I. K., Beloborodov A. V. *Sovremennaya morfometriya Votkinskogo vodokhranilisha* [Modern morphometry Votkinsk reservoir] / *Vodnoe khozyaystvo Rossii* [Water economy of Russia], 2011. – № 1. – P. 23–32.
11. *Opreделение granits vodookhrannykh zon i pribrezhnykh zaschitnykh polos Ivankovskogo vodokhranilisha* [Determination of the boundaries of water protection zones and coastal protective strips of the Ivankovo reservoir] : otchyot o NIR № I-11-24; NPTs "Kadastr". Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2011.
12. *Utochnenie morfometricheskikh kharakteristik vodokhranilish vodorazdelnogo befa kanala imeni Moskvy* [Clarification of morphometric characteristics of reservoirs of the watershed of the Moscow Canal] : otchyot. – Moscow: GOIN, 2009.
13. Zemlyanov I. V., Gorelits O. V., Pavlovsky A. E., Shikunova E. Yu. *Utochnenie morfologicheskikh kharakteristik vodokhranilish Volzhsko-Kamskogo kaskada* [Clarification of morphological characteristics of the Volga-Kama cascade water reserves] / *Tezisy dokladov na nauchno-tekhnicheskom sovete Verkhne-Volzhskogo basseynovogo vodnogo upravleniya*. – Moscow, 2010. – 10 p.
14. *Voda Rossii. Vodokhranilisha* [Water of Russia. Reservoirs] / Pod nauchnym red. A. M. Chernyaeva, RosNIIVKh. – Ekaterinburg: AKVA-PRESS, 2001. – 700 p. – ISBN 5-901078-07-1.
15. *Vodokhranilisha Verkhney Volgi* [Reservoirs of the Upper Volga] / rukovod. avtor. kollektiva V.S. Dementev. – Nizhny Novgorod: VVBVU, 2008. – 156 p.
16. Krasilnikov V. M., Sobol I. S. *Utochnenie morfometricheskikh parametrov vodokhranilish na baze tsifrovyykh modeley reliefa* [Refinement of morphometric parameters of water reservoirs based on digital relief models] / *Vestnik MGSU*, 2012. - № 10. – P. 272–280.
17. Sobol S. V., Sobol I. S., Ikonnikov L. B., Khokhlov D. N. *Analiz pereformirovaniya abraziionnykh beregov Gorkovskogo vodokhranilisha za period ekspluatatsii 1957–2010 gg. s prognozom na sleduyushee desyatiletie* [Analysis of the reshaping of the abrasive shores of the Gorky reservoir for the period of operation 1957–2010 with a forecast for the next decade] / *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Power Technology and Engineering], 2011. – № 12. – P. 23–30.
18. Kolomiets A. M., Zaytseva L. P., Sobol S. V., Sobol I. S., Khokhlov D. N., Krasilnikov V. M. *Dinamika abraziionnykh beregov Cheboksarskogo vodokhranilisha* [Dynamics of abrasive shores of Cheboksary reservoir] / *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Power Technology and Engineering], 2012. – № 12. – P. 29–33.
19. *Gidroenergetika i kompleksnoe ispolzovanie vodnykh resursov SSSR* [Hydropower and integrated use of water resources of the USSR] / pod obschey red. P. C. Neporozhnogo. – Moscow: Energiya, 1970. – 320 p.
20. Matarzin Yu. M., Matskevich I. K. *Voprosy morfometrii i rayonirovaniya vodokhranilish* [Issues of morphometry and zoning of reservoirs] / *Voprosy formirovaniya vodokhranilish i ikh vliyanie na prirodu i khozyaystvo* [Issues of reservoir formation and their impact on nature and agriculture]. – Perm: Perm. gos. un-t, 1970. – Issue 1. – P. 27–45.
21. Mikhalev V. V., Matskevich I. K. *Sovremennye dannye po morfometrii Kamskogo vodokhranilisha* [Modern data on the morphometry of the Kama reservoir] / *Sovremennye problemy vodokhranilish i ikh vodosborov* [Modern problems of reservoirs and their catchments]: trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Perm. gos. un-t. Perm, 2009. – Vol. 1. – P. 86–91.
22. *Pravila ispolzovaniya vodnykh resursov Kamskogo i Votkinskogo vodokhranilish na r. Kama* [Rules for the use of water resources of the Kama and Votkinsk water storage facilities on the Kama River]. – Saint-Petersburg: Gidrotekh, 2004. – 82 p.
23. Nazarov N. N., Vinogradova N. N. *Sovremennoe pereformirovanie beregov vodokhranilish Volzhsko-Kamskogo kaskada* [Modern reformation of the banks of reservoirs of the Volga-Kama cascade] / *Sovremennye problemy vodokhranilish i ikh vodosborov* [Modern problems of reservoirs and their catchments]: trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Perm. gos. un-t. Perm, 2009. – Vol. 1. – P. 102–107.



24. Osnovnye polozheniya pravil ispolzovaniya vodnykh resursov Tsimlyanskogo vodokhranilisha na r. Don [The main provisions of the rules for the use of water resources of the Tsimlyansk reservoir on the river Don] / Goszemvodkhoz RSFSR. – Moscow: Upravlenie po regulirovaniyu i ispolzovaniyu vodnykh resursov, 1965.– 28 p.

25. Proektnye i sovremennye parametry Tsimlyanskogo vodokhranilisha [Design and modern parameters of the Tsimlyansk reservoir] / Pismo Donskogo BVU v NNGASU № 01-14/780 ot 01.03.2013. – Rostov-on-Don, 2013. – 5 p.

26. Sobol S. V., Sobol I. S., Potemin P. V. Formirovanie chash malykh vodokhranilish v bassejne Verkhney Volgi [Formation of bowls of small reservoirs in the Upper Volga basin] / Issledovanie aktualnykh geokologicheskikh problem Privolzhya [Research of actual geoeological problems of the Volga region]: sbornik nauchnykh trudov. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2009. – P. 216–274.

27. Informatsiya po Novosibirskomu vodokhranilishu [Information on the Novosibirsk reservoir] / Pismo Verkhne-Obsskogo BVU v NNGASU № 05/11/0481 ot 05.04.2013. – Novosibirsk, 2013. – 2 p.

28. Fyodorova E. A. Izmenenie morfometricheskikh kharakteristik Novosibirskogo vodokhranilisha za 50-letniy period ekspluatatsii [Change of morphometric characteristics of the Novosibirsk reservoir over a 50-year period of operation] / X ezhegodnaya konferentsiya molodykh uchyonykh IVEP RAS. – Novosibirsk, 2010. – P. 14–15.

29. Kronik Ya. A., Onikienko T. S. Pereformirovanie chashi i beregov iskusstvennykh vodokhranilish v kriolitozone [Reshaping of the bowl and the banks of artificial water storage facilities in the cryolithozone] / Inzhenernaya geologiya [Engineering Geology]. 1980. – № 3 – P. 120–129.

30. Shirokov V. M. Formirovanie beregov i lozha krupnykh vodokhranilish Sibiri [Formation of the shores and beds of large reservoirs of Siberia]. – Novosibirsk: Zapadno-Sibirskoe knizhnoe izd-vo, 1979. – 92 p.

31. Burlakov B. M. Rayonirovanie Vilyuyskogo vodokhranilisha. Tipizatsiya i klassifikatsiya ego beregov [Zoning of the Vilyuy reservoir. Typification and classification of its shores] / Vliyanie GES na okruzhayushchuyu sredu [The influence of hydroelectric power plants on the environment]: sbornik nauchnykh trudov. – Yakutsk, 1987. – P. 34–42.

32. Velikin S. A., Sobol I. S., Sobol S. V., Khokhlov D. N. Rezultaty instrumentalnykh nablyudeniy i adaptivnogo prognoza termoabrazii beregov Vilyuyskogo vodokhranilisha [Results of instrumental observations and adaptive forecast of thermal erosion of the shores of the Vilyuysk reservoir] / Gydrotekhnicheskoe stroitelstvo [Power Technology and Engineering]. 2013. – № 6. – P. 2–8.

33. Reki i ozyora mira: entsiklopediya [Rivers and lakes of the world: encyclopedia] / red.kol. V. I. Danilov-Danilyan [et al.]; In-t vodnykh problem RAN, In-t ozyorovedeniya RAN, Geografichskiy fak-t MGU. – Moscow: Entsiklopediya, 2012. – 924 p. – ISBN 978-5-94802-049-5.

34. Osnovnye pravila ispolzovaniya vodnykh resursov Rybinskogo i Gorkovskogo vodokhranilish na r. Volge [Basic rules for the use of water resources of the Rybinsk and Gorkov reservoirs on the Volga River]. – Moscow: Institut Hidroproekt, 2001. – 39 p.

35. Obosnovanie investitsiy zaversheniya stroitelstva Cheboksarskogo gidrouzla [Justification of investments for the completion of the Cheboksary hydrosystem] / 0272-OI. Stage 2. – Samara: Inzhenerny tsentr energetiki Povolzhya, 2006. – 429 p.

36. Otsenka posledstviy podyoma urovnya Cheboksarskogo vodokhranilisha do otmetki 68,0 m dlya g. Nizhnego Novgoroda i Nizhegorodskoy oblasti [Assessment of the consequences of raising the level of the Cheboksary reservoir to 68.0 m for Nizhny Novgorod and the Nizhny Novgorod region] : otchyot ob ekspertno-issledovatel'skoy rabote. Obschaya poyasnitelnaya zapiska / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit.un-t. – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2007. – 140 p.



37. Morfometricheskie kharakteristiki vodokhranilisch, vkhodyaschikh v zonu deyatelnosti Eniseyskogo BVU [Morphometric characteristics of reservoirs included in the zone of BVU: letter of the BVU's activities] № 05-786 ot 06.03.2013. – Krasnoyarsk, 2013. – 16 p.

38. Onikienko T. S. Utochnenie svyazi obyomov i urovney vodokhranilisha Ust-Khantayskoy GES [Clarification of the connection of objects and the reservoir level of the Ust-Khantayskaya HPP // *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Power Technology and Engineering]. 1995. – № 3. – P. 19–23.

39. Kudoyarov L. I., Oniskienko T. S. Vliyanie izmeneniy merzlotnykh usloviy v chashe vodokhranilisch na funktsionirovanie severnykh GES [The influence of changes in permafrost conditions in the reservoir bowl on the functioning of the northern HPPs] // *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Power Technology and Engineering], 1990. – № 2. – P. 8–11.

40. Zakonnov V. V. Prostranstvenno-vremennaya transformatsiya gruntovogo kompleksa vodokhranilisch Volgi [Spatial-temporal transformation of the soil complex of the Volga reservoirs] // *Vodnoe khyzaystvo Rossii* [Water economy of Russia]. 2017. – № 4. – P. 60–74.

41. Laguta A. A., Pogorelov A. V. Osobennosti zaileniya Krasnodarskogo vodokhranilisha. Opyt otsenki po dannym batimetricheskikh syomok [Features of the occurrence of the Krasnodar reservoir. The experience of evaluation according to bathymetric surveys] // *Geographicheskiy vestnik = Geographical bulletin*. 2018. – № 4. – P. 54–66.

42. Shaporenko S. I., Yasinsky S. V., Vishnevskaya I. A. Izmenenie morfometricheskikh parametrov vodokhranilisch Moskvoretskoy vodnoy systemy za period ikh ekspluatatsii [Change of morphometric parameters of reservoirs of the Moskvoreche water system for the period of their operation] // *Vodnoe khozyaystvo Rossii* [Water management of Russia]. 2014. – № 1. – P. 4–22.

43. Pyankov S. V., Kalinin V. G. K voprosu o tochnosti vypolneniya kartometricheskikh rabot traditsionnymi sposobami i s ptimeneniem GIS-tekhnologiy [On the issue of the accuracy of cartometric work by traditional methods and using GIS technologies]. *Voprosy fizicheskoy geografii i geokologii Urala* [Questions of physical geography and geocology of the Urals]: mezhvuz. sbornik nauch. tr. – Perm, 2000. – P. 50–54.

© С. В. Соболев, 2023

Получено: 20.06.2023 г.