

УДК 556.555

О.А. Перевощикова, В.Г. Калинин

К ОЦЕНКЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ РЕЛЬЕФА ДНА ДОЛИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ (НА ПРИМЕРЕ КАМСКОГО)

Выполнен анализ морфологических особенностей Камского водохранилища на основе цифровых моделей рельефа (ЦМР) дна и поперечных профилей, построенных через 1 км по длине главного плеса Камского водохранилища от плотины ГЭС до зоны выклинивания подпора. Доказана правомерность использования безразмерных морфометрических коэффициентов, отражающих соотношение площадей и глубин в пределах участков, в качестве критериев районирования долинных водохранилищ.

Ключевые слова: водохранилище; морфология; морфометрия; цифровые модели рельефа дна; районирование.

Среди крупных водохранилищ России (объемом ≥ 10 млн м³) 82% относятся к долинному типу [11]. Большинство из них – равнинные, с сезонным регулированием стока расположены на Европейской части территории страны. Они представляют собой сложные в морфометрическом отношении водоемы с резкими изменениями ширины по длине водохранилища (Камское, Куйбышевское, Цимлянское и др.). В связи с этим очевидна необходимость их районирования, поскольку гидрологический режим и характер развития процессов и явлений в отдельных частях водоемов различен [3].

Как отмечал Ю.М. Матарзин [8], на данный момент нет единого мнения об основных морфометрических характеристиках водохранилищ и методах их вычисления, о принципах деления (районирования) водоемов на отдельные части, об оптимальном наборе сопоставимых показателей.

Из многочисленных схем деления водохранилищ наиболее детальной, на наш взгляд, является схема многоступенчатого гидроморфологического районирования с последовательным применением разных ведущих факторов на генетическо-типологической основе: плес – район – участок – зона – подзона, предложенная Ю.М. Матарзиным и И.К. Мацкевичем [9].

В качестве критерия районирования Камского водохранилища ранее нами введен совершенствованный коэффициент морфометрического подобия K_{mn} [3]:

$$K_{mn} = \frac{B_u}{h},$$

где B_u – интегральный показатель ширины, равный отношению площади S (км²) километрового участка водохранилища к его длине l (м), h – средневзвешенная глубина этого участка (м).

Другим интегральным безразмерным показателем, который использован в качестве критерия районирования Камского водохранилища, является морфометрический коэффициент K_M , представляющий собой соотношение площадей и глубин прибрежной, мелководной и глубоководной зон [4]:

$$K_M = \frac{S_{nm}}{S_2} \times \frac{h_{nm}}{h_2},$$

где S_{nm} , S_2 – площади [м²]; h_{nm} , h_2 – средние глубины [м] (пм) – прибрежной и мелководной и (г) – глубоководной зон выделенного километрового участка. В качестве критерия пограничной глубины

© Перевощикова О.А., Калинин В.Г., 2014

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-05-00962.

Перевощикова Ольга Анатольевна, ассистент кафедры физической географии и ландшафтной экологии Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; perevoshchikova@mail.ru

Калинин Виталий Германович, доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и ландшафтной экологии Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; vgkalinin@gmail.com

мелководной и глубоководной зон использована средневзвешенная глубина между этими зонами без учета прибрежной.

На основе анализа изменений параметров $K_{мп}$ и K_M по длине Камского плеса (с шагом 1 км) были уточнены [4; 5] не только границы районов и участков, но и количество выделяемых участков гидроморфологического районирования, предложенного Ю.М. Матарзиным и И.К. Мацкевичем [9]. Всего для Камского плеса выделено 3 района и 7 различных по морфометрическим особенностям участков, в двух из которых выделены дополнительные таксоны 6.1.1, 6.1.2 и 1.1, 1.2 [5] (рис. 1).

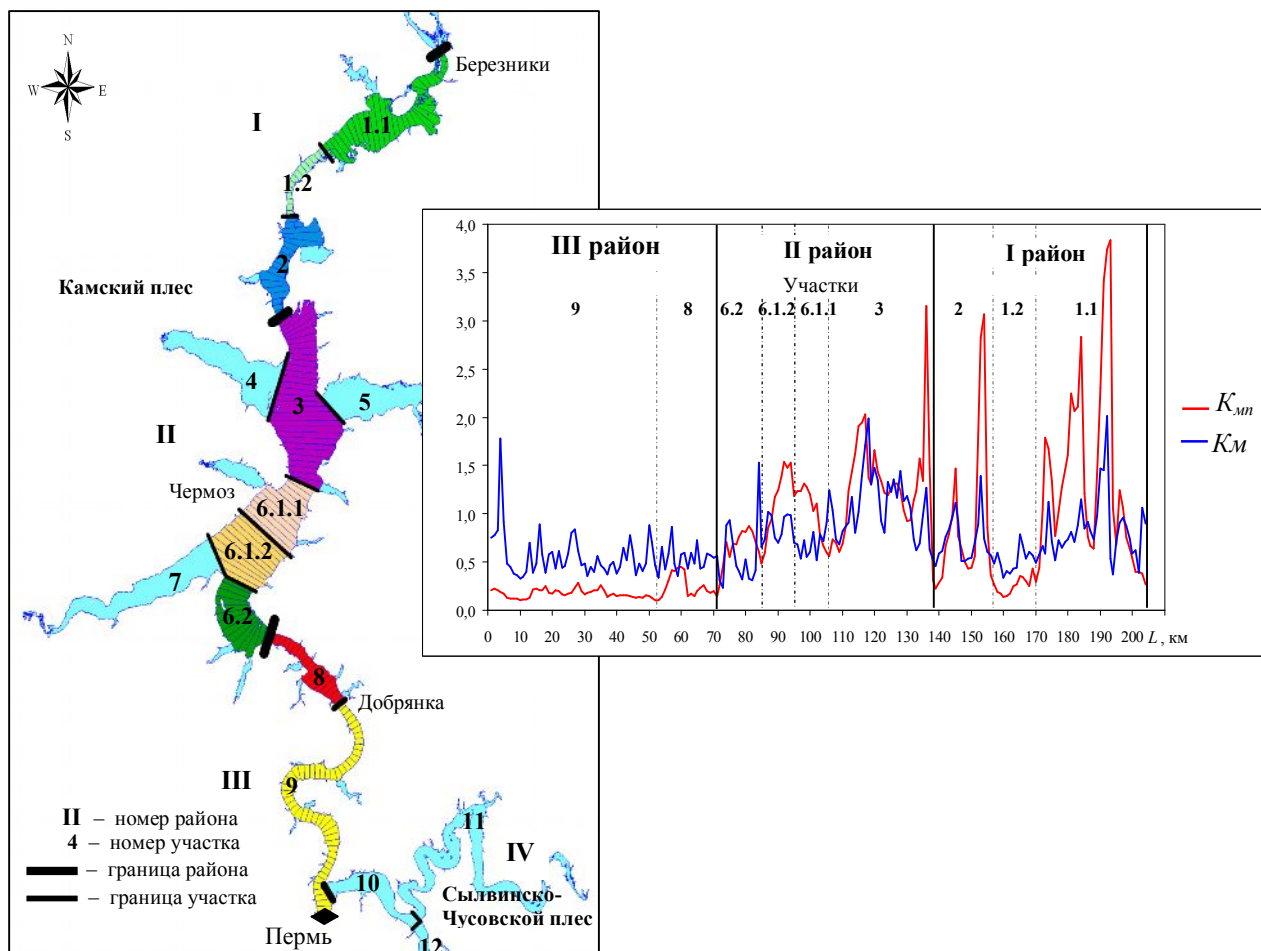


Рис. 1. Уточненные границы районов и участков Камского плеса по коэффициенту морфометрического подобия $K_{мп}$ и морфометрическому коэффициенту K_M

В то же время возникает вопрос о точности определения границ участков и морфологических особенностях последних. Действительно ли участки, выделенные на основе морфометрических коэффициентов, отражающих соотношение площадей и глубин, имеют выраженные морфологические различия. Этот вопрос крайне важен, поскольку при районировании необходимо учитывать качественные изменения подводного рельефа водохранилища, которые в значительной степени определяют характер воздействия природных и антропогенных факторов на гидрологический режим водоема.

Для решения проблемы построены ЦМР дна и поперечные профили через 1 км по длине главного плеса Камского водохранилища (без учета заливов) от плотины ГЭС до зоны выклинивания подпора и выполнен детальный анализ изменений подводного рельефа дна.

В геоморфологическом отношении Камское водохранилище находится в области развития хорошо выраженных денудационных поверхностей: водораздельного плато и высокой равнины [10]. Долина р. Камы целиком лежит в пределах территории с абсолютными отметками менее 200 м абс. и шириной около 20–40 км [1]. В долине р. Камы и ее притоков В.А. Апродовым [1] и Б.С. Луневым [6; 7] выделены 5 террасовых серий: пойма и четыре надпойменные террасы. После заполнения

Камского водохранилища затопленными оказались пойма, первая и частично вторая надпойменные террасы [7].

Камский плес водохранилища разделен на три крупных района: приплотинный (южный), центральный и верхний (северный) (рис. 1). Приплотинный район имеет небольшую ширину (в среднем 2,0 км), характеризуется максимальными глубинами (до 24,5 м) и наибольшим количеством затопленных геоморфологических уровней: старое русло р. Камы, узкая пойма, первая и частично вторая надпойменные террасы. Центральный озеровидный район при средней глубине 7,2 м отличается наибольшей шириной (в среднем 11,5 км). Здесь в подводном рельефе прослеживаются огромные пойменные пространства, образовавшиеся в устьях бывших притоков, и первая надпойменная терраса. Для северного мелководного района водохранилища (средняя глубина 4,3 м) характерны низкие берега и непрерывное чередование сужений и расширений (рис. 1). Затоплены пойма и первая надпойменная терраса долины р. Камы.

В пределах этих трех крупных районов выделяются участки, отличающиеся по соотношению ширины и глубины, положению старого русла р. Камы, выделению в подводном рельефе разных по размерам поймы и террасированных уровней и др. Границы участков можно проследить по расстоянию в километрах от плотины по средней линии Камского плеса. Рассмотрим характерные особенности этих участков более подробно.

Особенности рельефа дна водохранилища в значительной степени определяются предшествующей тектонической историей и геоморфологией речной долины [6]. В области тектонических поднятий (Межевского, Краснокамско-Полазненского, Каменноложского, Камско-Вишерского и др.) [10] резко сокращается ширина водохранилища в среднем до 2,0 км, почти исчезают надпойменные террасы, и остается только узкая пойма шириной 0,5–0,8 км. Подводный склон здесь достаточно крутой, береговая линия мало расчленена [2]. Это характерно для всего девятого участка – узкого, вытянутого с севера на юг от плотины Камской ГЭС до 53 км (г. Добрянка) со средней глубиной 12,1 м. На этом участке наблюдаются максимальные глубины (до 24,5 м) в целом для всего водохранилища. Старое русло р. Камы трижды меняет свое положение, огибая тектонические поднятия. После заполнения водохранилища затопленными оказалась узкая пойма (рис. 2) с абсолютными отметками 93,5–96,5 м абс. На всем протяжении приплотинного участка в подводном рельефе дна хорошо прослеживается первая надпойменная терраса на 97,5–103,0 м абс. Вторая надпойменная терраса расположена на отметке 106,5 м абс. и выше, она затоплена лишь местами: с 18 по 21 км и с 29 по 39 км от плотины Камской ГЭС (рис. 2, б).

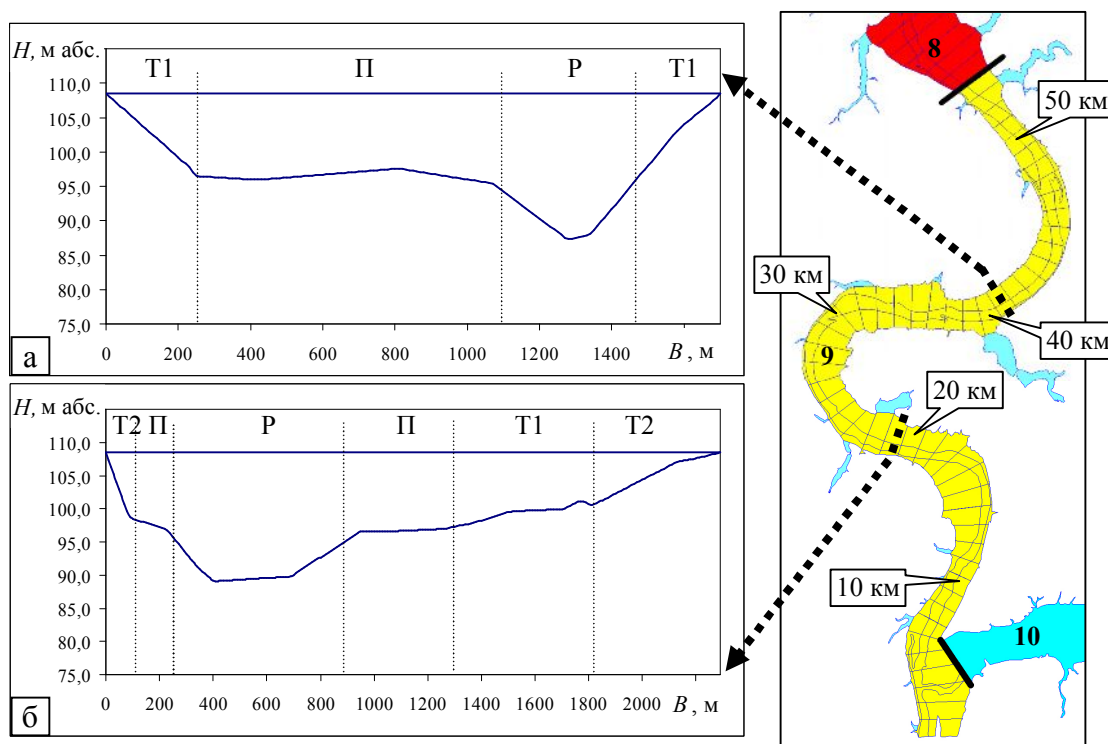


Рис. 2. Поперечные профили девятого участка Камского водохранилища, на которых выделяются затопленные: Р – старое русло; П – пойма; Т1 – первая; Т2 – вторая надпойменные террасы

Характерной особенностью восьмого участка (с 54 по 71 км от плотины Камской ГЭС), протяженностью 18 км, является плавное увеличение ширины водохранилища в 1,5–2,0 раза до 4,4 км (рис. 1). Средняя глубина – 10,0 м. Береговая линия на всем протяжении этого участка заметно усложняется небольшими глубоко врезанными заливами. Пойма затоплена на отметках 95,5–98,0 м абс. шириной 0,5–2,0 км (рис. 3). Кроме поймы затопленной оказалась и первая надпойменная терраса (рис. 3) с отметками 100,5–106,0 м абс. Границы восьмого и девятого участков по морфологическим особенностям полностью совпадают с границами выполненного ранее районирования по морфометрическим коэффициентам.

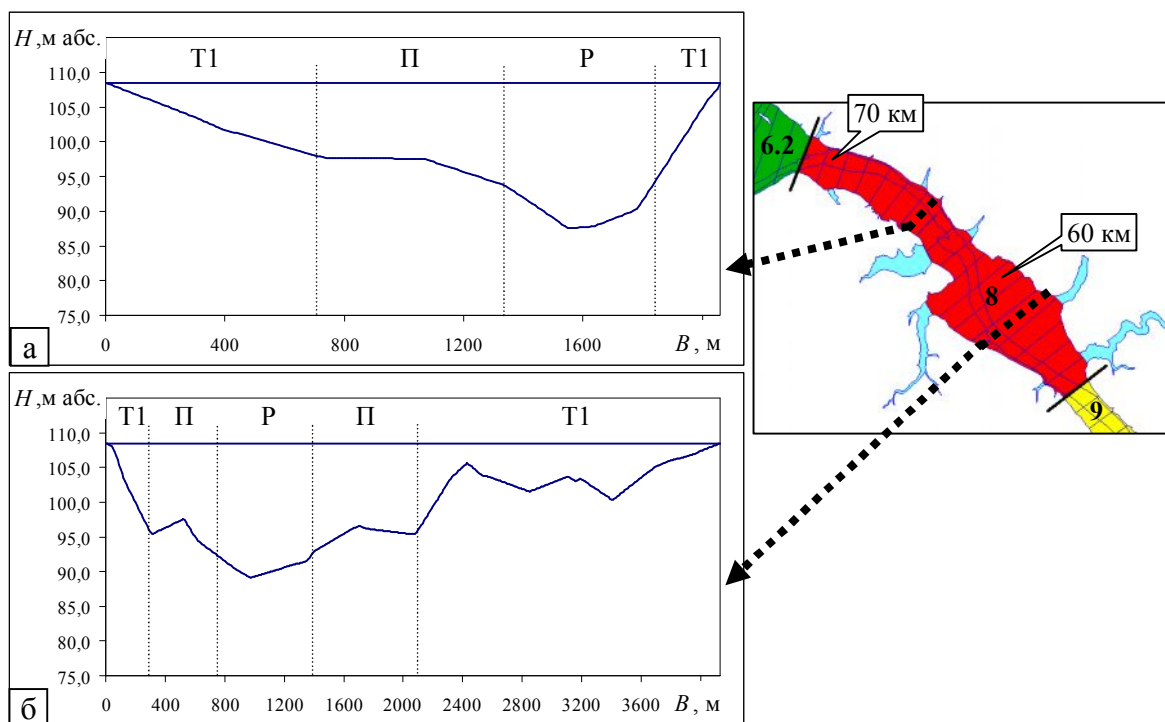


Рис. 3. Поперечные профили восьмого участка Камского водохранилища, на которых выделяются затопленные: P – старое русло; П – пойма; T1 – первая надпойменная терраса

Озеровидные расширения Камского водохранилища приурочены к тектоническим впадинам. Самой крупной впадиной Среднего Прикамья является Висимская [10], протяженностью от устья р. Гаревой (74 км) до г. Березников (200 км). Тектоническим впадинам соответствуют обширные поймы и надпойменные террасы. В связи с неоднородностью подводного рельефа дна центрального озеровидного расширения в его пределах можно выделить четыре участка, которые так же выделяются и по морфометрическим коэффициентам:

- 6.2 – начало озеровидного расширения 72–85 км. Ширина водохранилища резко увеличивается до 6,7 км, средняя глубина уменьшается до 9,0 м. Затоплена широкая пойма (рис. 4) долины р. Камы (около 3,6 км) на 97,0–99,0 м абс. На отметке 102,0–107,5 м абс. прослеживается первая надпойменная терраса, на которой имеются несколько небольших песчаных островов, ранее соответствовавшие прирусловым валам [2].
- Морфологически сложный участок 6.1, расположенный в центральной части Камского водохранилища, существенно отличается от остальных по форме и размерам. На основе анализа изменений параметров K_{mn} и K_m этот участок разделен на два: 6.1.1 и 6.1.2 (рис. 1) [5]. По характеру подводного рельефа участок 6.1 так же можно разделить на две части 6.1.1 и 6.1.2, с границей по 95-му км от плотины Камской ГЭС. Участок 6.1.2 (86–95 км): ширина водохранилища увеличивается и составляет в среднем 11,5 км (рис. 5). Средняя глубина – 9,4 м. Правый берег на всем протяжении участка расчленен слабо, он ровный, невысокий и пологий, с плавно увеличивающимися глубинами. Левый берег характеризуется большей изрезанностью и более обрывистым подводным склоном. Старое русло р. Камы, образуя излучину в устье р. Обвы, подходит к левому берегу на 88-м км. Затопленной оказалась преимущественно первая

надпойменная терраса (рис. 5, б) на 102,0–103,5 м абс. у правого берега. Пойма прослеживается на 97,5–100,5 м абс., шириной около 3 км.

- Участок 6.1.1 (95–106 км): старое русло р. Камы меняет направление и проходит почти по центру. Подводный склон правого берега так же невысокий и пологий, левого – обрывистый. Здесь заполнены огромные пойменные пространства шириной до 6,5 км (рис. 5, а) на отметках 98,0–101,0 м абс. с большим количеством валов. Средняя глубина – 8,3 м. Первая надпойменная терраса прослеживается у правого берега на 102,5–104,5 м абс.

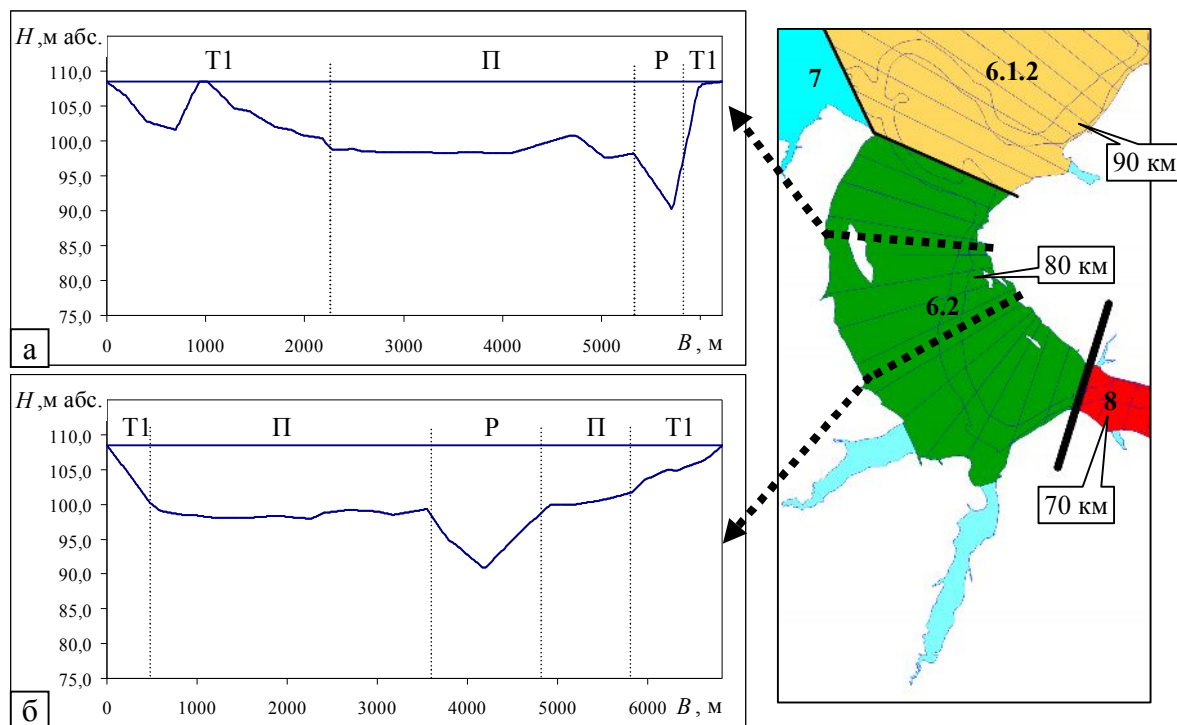


Рис. 4. Поперечные профили участка 6.2 Камского водохранилища, на которых выделяются затопленные: Р – старое русло; П – пойма; Т1 – первая надпойменная терраса

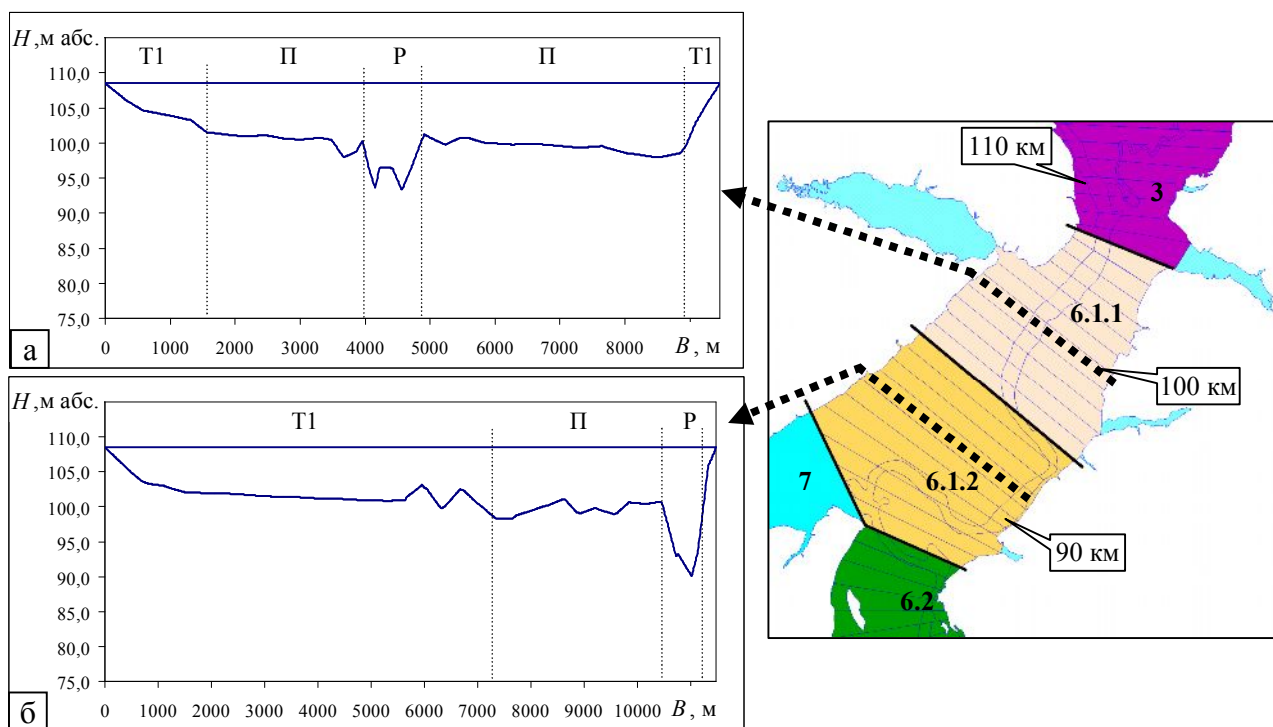


Рис. 5. Поперечные профили Камского водохранилища: а – участок 6.1.1; б – участок 6.1.2, на которых выделяются затопленные: Р – старое русло; П – пойма; Т1 – первая надпойменная терраса

- Участок 3 (107–138 км) представляет собой центральную часть Висимской впадины (рис. 6). В отличие от предыдущего участка пойма, расположенная на отметках 98,5–101,0 м абс., достаточно узкая, ее ширина изменяется в пределах 0,3–0,8 км и увеличивается в устьях бывших притоков. Средняя ширина участка составляет 11,0 км без учета сформировавшихся обширных заливов в низовьях рек Иньвы и Косьвы (рис. 1). Средняя глубина уменьшается до 5,9 м. В рельефе дна прослеживается преимущественно первая надпойменная терраса на отметках 102,5–106,0 м абс.

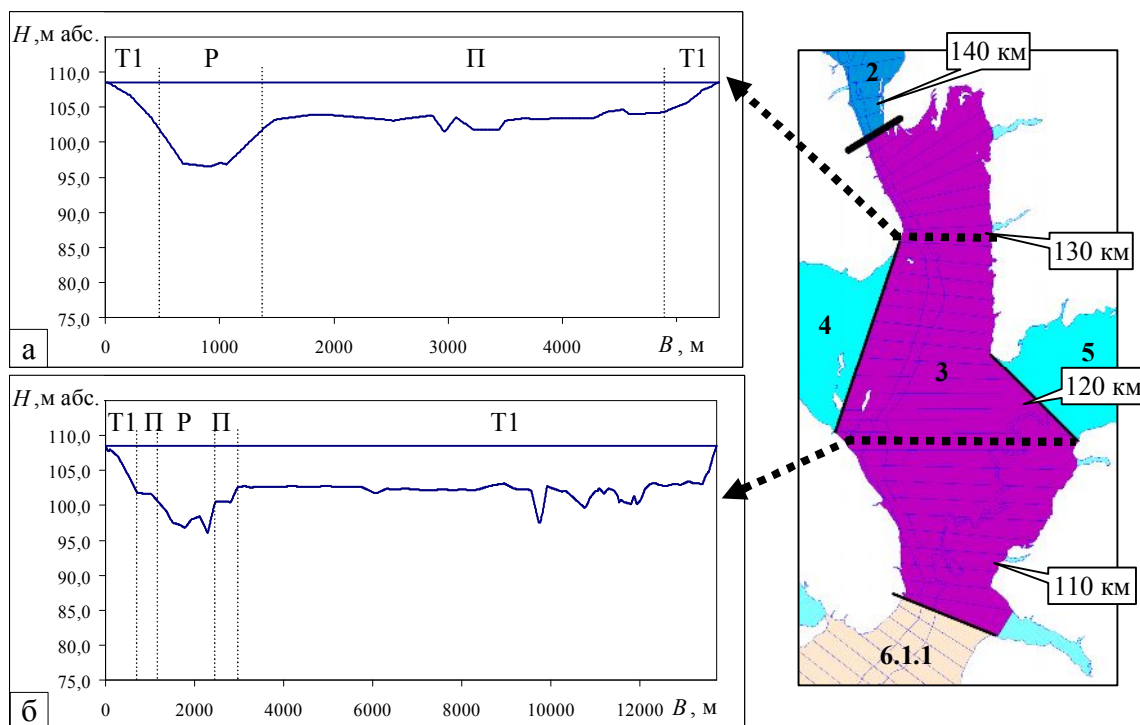


Рис. 6. Поперечные профили третьего участка Камского водохранилища, на которых выделяются затопленные: Р – старое русло; П – пойма; Т1 – первая надпойменная терраса

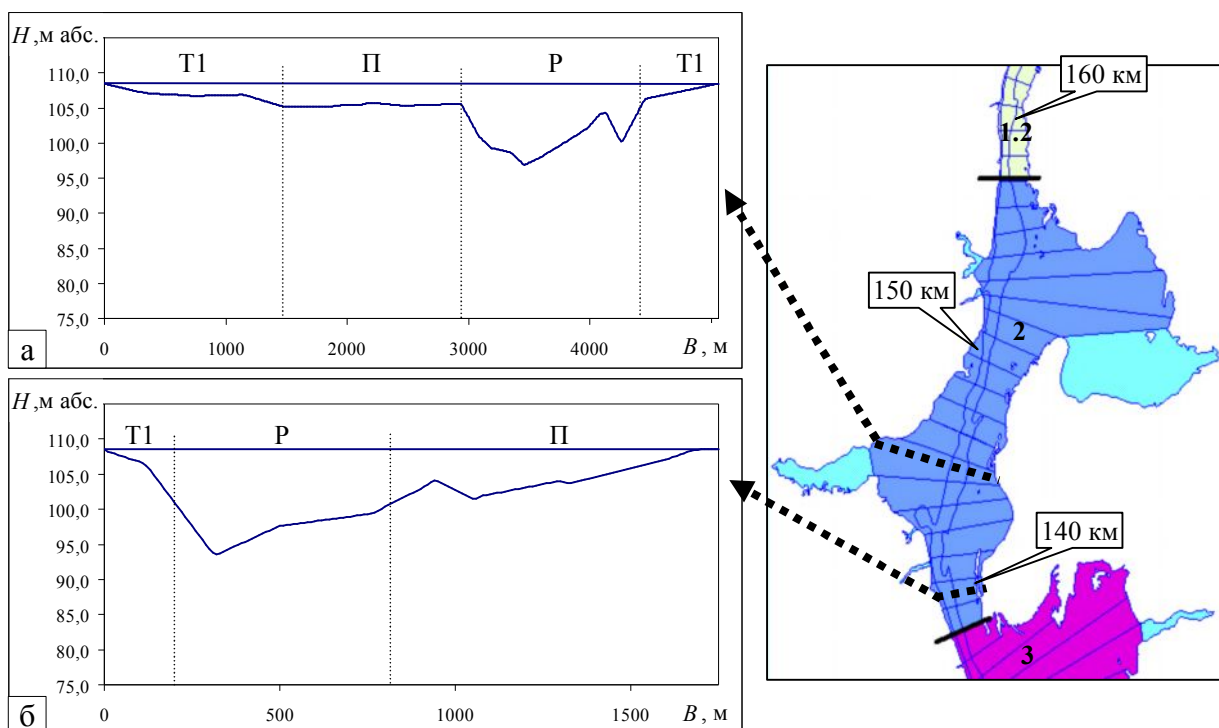


Рис. 7. Поперечные профили второго участка Камского водохранилища, на которых выделяются затопленные: Р – старое русло; П – пойма; Т1 – первая надпойменная терраса

Северный мелководный район по особенностям рельефа дна можно разделить на 3 участка, которые также выделяются и по морфометрическим коэффициентам (рис. 1):

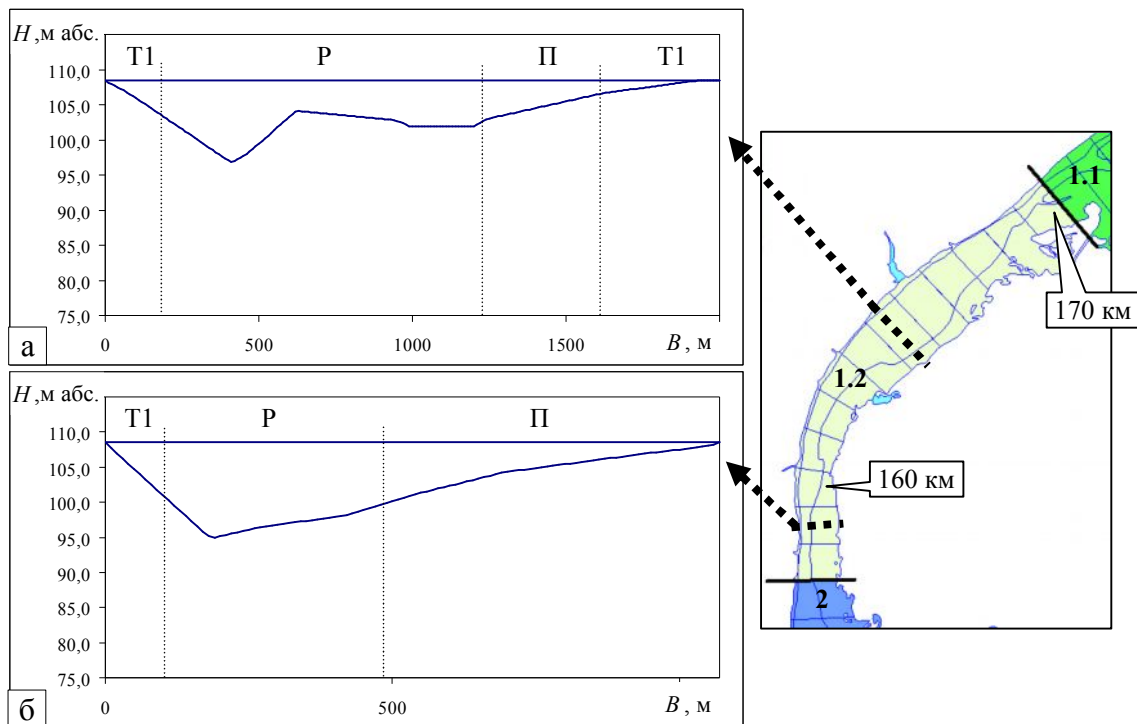


Рис. 8. Поперечные профили участка 1.2 Камского водохранилища, на которых выделяются затопленные: Р – старое русло; П – пойма; Т1 – первая надпойменная терраса

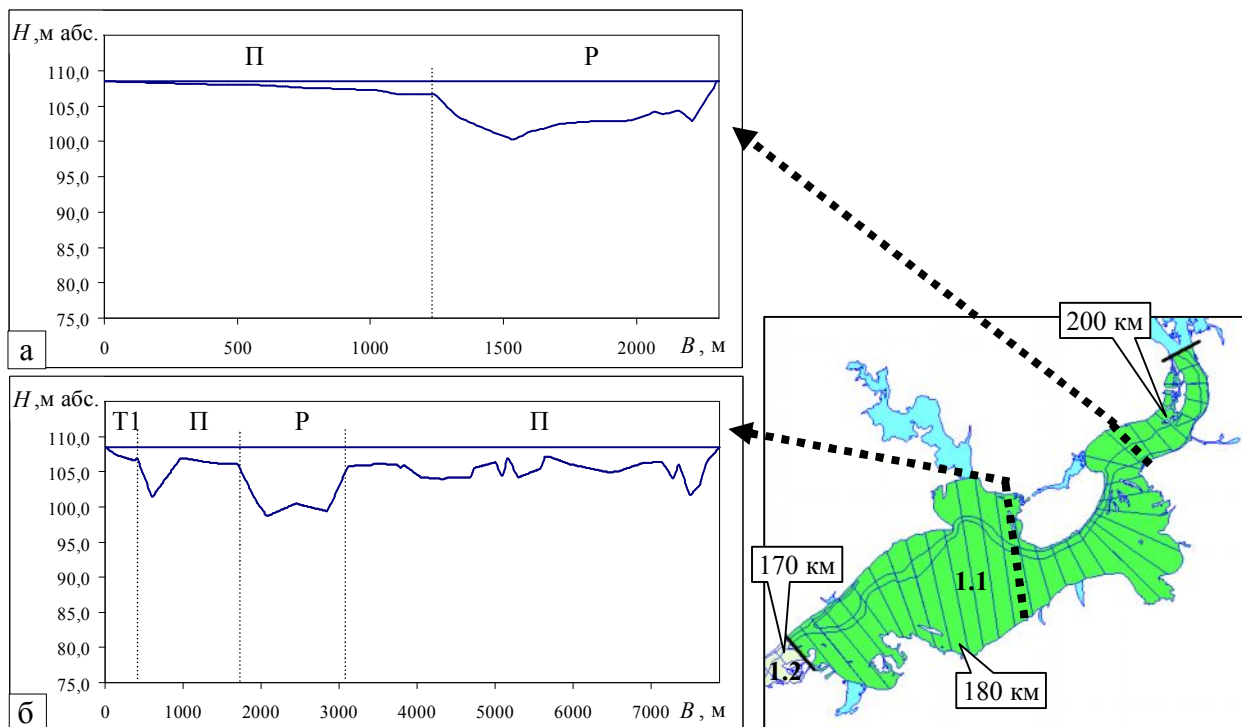


Рис. 9. Поперечные профили участка 1.1 Камского водохранилища, на которых выделяются затопленные: Р – старое русло; П – пойма; Т1 – первая надпойменная терраса

- Отличительной чертой участка 2 (139–158 км), протяженностью 20 км, является чередование двух сужений (до 1,1 км) и двух расширений (средней шириной 5,7 км). Средняя глубина составляет 4,9 м. Максимальные глубины находятся у правого берега. Ширина поймы, затопленной на отметках 99,0–104,0 м абс., непостоянна по участку, и изменяется в пределах 0,5–2,7 км (рис. 7). Первая надпойменная терраса в рельефе дна прослеживается только в местах озеровидных расширений на отметках 105,5–107,5 м абс.
- Участок 1.2 от 159-го до 170-го км – самая узкая часть Камского плеса (рис. 1) шириной до 2,1 км и средней глубиной 6,1 м. Водохранилище здесь остается преимущественно в границах старого русла р. Камы, заполнив небольшие участки поймы шириной около 0,5 км на отметках 100,5–104,0 м абс. и первой надпойменной террасы, которая прослеживается преимущественно по левому берегу на отметках 105,5 м абс. и выше (рис. 8). На всем протяжении правобережья участка наблюдается крутой подводный склон со слабо расчлененной береговой линией.
- Начиная со 171-го км ширина водохранилища увеличивается в 5 раз и составляет 5,7 км – это самая мелководная часть Камского плеса (участок 1.1), средняя глубина 3,4 м. На 185–194 км (в районе п. Орла) водохранилище огибает тектонические валы (Камско-Вишерский и Березниковский), и ширина его уменьшается до 2,0 км (рис. 9). Характерной чертой участка являются острова, кулисообразные и вытянутые вдоль линии берега. В рельефе дна прослеживается пойма на 102,5–104,5 м абс. шириной до 3,9 км с многочисленными валами и частично первая надпойменная терраса на отметке 105,5 м абс. и выше.

Таким образом, по длине главного плеса Камского водохранилища (без учета заливов) можно выделить 9 участков, отличающихся характером подводного рельефа дна и набором затопленных геоморфологических уровней. В подводном рельефе всего Камского плеса четко выделяется пойма р. Камы, расположенная на отметках от 93,5 до 104,5 м абс, ширина которой не постоянна. Как правило, она увеличивается в области озеровидных расширений и в устьях бывших притоков. Первая надпойменная терраса затоплена почти полностью на отметках от 97,5 до 108,0 м абс., ее фрагменты характерны для участков 2, 1.2, 1.1. Наличие в подводном рельефе второй надпойменной террасы наблюдается только на 9-м участке (18-39 км) на отметках 106,5–108,5 м абс.

Пространственные неоднородности рельефа дна, обусловленные изменением соотношения ширины и глубины, положением старого русла р. Камы, выделением в подводном рельефе разных по размерам пойменных и террасированных уровней, практически полностью учитываются в предложенных ранее безразмерных морфометрических коэффициентах, отражающих соотношение площадей и глубин в пределах участков. Это свидетельствует о правомерности их использования в качестве критериев районирования долинных водохранилищ.

Библиографический список

1. *Апродов В.А.* О геоморфологии Молотовского Прикамья // Известия ВГО. М.: Изд-во АН СССР, 1943. Т. 75, вып. 1. С. 26–33.
2. *Дубровин Л.И., Ю.М. Матарзин, И.А. Печеркин.* Камское водохранилище. Пермь.: Пермское книжное издательство, 1959. 172 с.
3. *Калинин В.Г., Перевощикова О.А., Дмитриева Т.Е.* Методические аспекты районирования водохранилищ с применением ГИС-технологий // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: в 4 т. Т. I: Гидро- и геодинамические процессы: тр. Междунар. науч. - практ. конф. (17-20 мая 2011 г., Пермь) / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2011. С. 91–95.
4. *Калинин В.Г., Перевощикова О.А., Казаринова Т.Е.* Критерии пространственной неоднородности формы ложа долинных водохранилищ // Сборник материалов докладов участников Всероссийской конференции «Бассейн Волги в XXI-м веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ» / Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН. Борок, 22-26 октября 2012 г. Ижевск, 2012. С. 107–109.
5. *Калинин В.Г., Перевощикова О.А.* Оценка возможности использования коэффициента Км в качестве критерия районирования долинных водохранилищ (на примере Камского) // Материалы IV Всероссийской конференции «Ледовые и термические процессы на водных объектах России». Рыбинск, 2013. С. 88–93.
6. *Лунев Б.С.* Отражение новейших тектонических движений в строение террас среднего Прикамья // Известия АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1959. Сер. геологическая. № 7. С. 99–103.

7. Лунев Б.С. Террасы средней Камы и их картирование // Геоморфология и новейшая тектоника Волго-Уральской области и Южного Урала. Уфа, 1960. С. 199–203.
8. Матарзин Ю.М. Гидрология водохранилищ. Пермь, 2003. 296 с.
9. Матарзин Ю.М., Мацкевич И.К. Вопросы морфометрии и районирования водохранилищ // Вопросы формирования водохранилищ и их влияния на природу и хозяйство. Пермь, 1970. С. 27–45.
10. Печеркин И.А. Геодинамика побережий Камских водохранилищ. Пермь, 1966. Ч. 1. 199 с.
11. Эдельштейн К.К. Водохранилища России: экологические проблемы, пути их решения. М.: ГЕОС, 1998. 277 с.

O.A. Perevoshchikova, V.G. Kalinin

TO ESTIMATE THE SPATIAL BOTTOM RELIEF HETEROGENEITY OF VALLEY RESERVOIRS (ON EXAMPLE OF KAMSKOE)

The analysis of the morphological features of the Kamskoe reservoir based on digital elevation models (DEM) of the bottom and the cross sections profiles, constructed throw one km along the length of the main ples of the Kamskoe reservoir from hydroelectric dam to the zone of wedging backwater is done. Proved the validity of using morphometric dimensionless coefficients, that reflect the ratio of the areas and depths within the parts, as criteria for zoning valley reservoirs.

Key words: reservoir; morphology; morphometry; DEM of bottom; zoning.

Olga A. Perevoshchikova, Assistant of Department of Physical Geography and Landscape Ecology, Perm State University; 15 Bukireva, Perm, 614990, Russia; perevoshchikova@mail.ru

Vitaly G. Kalinin, Doctor of Geography, Professor of Department of Physical Geography and Landscape Ecology, Perm State University; 15 Bukireva, Perm, 614990, Russia; vgkalinin@gmail.com

УДК 581.524/527:574(571.6)

В.М. Урусов, Д.Л. Врищ, Л.И. Варченко

УЗЛОВЫЕ МОМЕНТЫ ЭВОЛЮЦИИ ФЛОР И ЛАНДШАФТОВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА В МЕЗОЗОЕ-КАЙНОЗОЕ

Рассмотрены важнейшие факторы формирования флор и ландшафтов Дальнего Востока (ДВ) в эпохи адаптивной эволюции: 1) от закрытия праокеана Тетис (к миоцену); 2) перемещения материковых плит в мезозое с надвиганием флоры древней Китайской платформы на кайнозойскую складчатость востока Азии; 3) переформирования ландшафтов и флор Восточной Азии в зонах контакта глобального уровня ее гигантскими динамическими морфоструктурами центрального типа [18; 32; 33]. Выявлено, что в миоцене, и в особенности квартере, начинается эпоха интродукции видов и флор, переформирования флор четвертичными зонами гибридообразования и в целом гибридогенеза, который во второй половине квартера заменил адаптивную эволюцию.

Ключевые слова: праокеан Тетис; закрытие; морфоструктуры; тектоника; зоны контакта; адаптации; эндемы; эволюция; ротация климата; гибридизация.

Этой статьей авторы завершают более чем тридцатилетнее исследование эволюции флор и ландшафтов Дальневосточного региона. В основном в квартере гибридогенез привел к децимации

© Урусов В.М., Врищ Д.Л., Варченко Л.И., 2014

Урусов Виктор Михайлович, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии Дальневосточного федерального университета; 690091, г. Владивосток, Океанский проспект, 19; smirnova.osa@yandex.ru

Врищ Дина Лукинична, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Ботанического сада-института ДВО РАН; 690024, г. Владивосток, ул. Маковского, 142; petrop5@mail.ru

Варченко Лариса Ивановна, научный сотрудник лаборатории биогеографии и экологии Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7; semkin@tig.dvo.ru