

КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

УДК: 504.455+528.854

**М.С. Баранова, О.В. Филиппов, А.И. Кочеткова, Е.С. Брызгалкина
ГИС–ТЕХНОЛОГИИ И СПУТНИКОВЫЕ ДАННЫЕ КАК ИНСТРУМЕНТЫ
МОНИТОРИНГА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОЛГОГРАДСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА**

В статье приведены результаты применения ГИС–технологий и спутниковых данных для мониторинга геодинамических процессов Волгоградского водохранилища. В геоинформационной системе береговая линия водохранилища была разделена на участки в соответствии с темпом отступления берегов за 24-летний период (1986–2010 гг.) и подсчитана протяжённость выделенных участков. Описаны районы наиболее активного отступления береговой линии, расположенные в нижней озерной части водоёма. В ходе исследования были выявлены прибрежные населённые пункты, для которых существует непосредственная угроза утраты их территории. Рассчитан объём разрушения берега за изученный период на некоторых участках наблюдения за перестроением берегов Волгоградского водохранилища с использованием данных натурных наблюдений и статистических методов расчёта. Даны рекомендации по улучшению сложившейся ситуации и составлению прогноза разрушения береговых склонов водохранилища с использованием кривых объёмов утраты прибрежной территории и объёмов аккумуляции продуктов размыва.

Ключевые слова: Волгоградское водохранилище, геодинамические процессы, ГИС–технологии, спутниковые снимки, перестроение берегов, мониторинг.

**M.S. Baranova, O.V. Philippov, A.I. Kochetkova, E.S. Bryzgalina
GIS TECHNOLOGY AND SATELLITE DATA AS TOOLS FOR MONITORING GEODYNAMIC
PROCESSES IN THE VOLGOGRAD RESERVOIR**

The results of GIS technology and satellite data application for monitoring geodynamic processes in the Volgograd reservoir are presented in the article. In the geographic information system, the shoreline of the reservoir was divided into parts according to the shoreline retreat rate documented for 24-year period (1986–2010), and the length of the selected parts was calculated. Coastal settlements being under imminent threat of losing their territory have been revealed. Areas of the most active shoreline retreat, located at the bottom of the reservoir, have been described. The authors have calculated the volume of the shoreline erosion over the period under study in some areas being subjects of the monitoring over transformation of the Volgograd reservoir shoreline. This was done with the use of field observation data and statistical calculation methods. Recommendations are given on how to improve the situation and to make a forecast for the shoreline slopes erosion using curves that show volumes of the coastal territory loss and erosion products accumulation.

Key words: Volgograd reservoir, geodynamic processes, GIS technology, satellite imagery, shoreline transformation, monitoring.

doi 10.17072/2079-7877-2016-2-148-160

Волгоградское водохранилище – одно из крупнейших равнинных русловых водохранилищ мира и России, образованное с возведением плотины ГЭС на р. Волге у г. Волгограда в 1958 г. Наполнение до нормального подпорного уровня (НПУ) было осуществлено в мае 1961 г. Самое протяжённое в системе Волжских водохранилищ оно является завершающим в их каскаде. Площадь водохранилища при НПУ превышает 3,1 тыс. км²; общий объём – свыше 31,4 км³; полезный объём – 8,2 км³; длина по фарватеру достигает 526 км; средние значения ширины и глубины – соответственно, 5,9 км и 10,1 м, наибольшая ширина акватории, не прерываемая береговой линией островов, достигает 13,7 км, максимальная глубина – 42 м [3]. Волгоградское водохранилище после зарегулирования стало проточным озером, где значительные по площади участки мелководной затопленной поймы чередуются с глубоководными зонами коренного русла бывшей р. Волги [2].

По условиям гидрологического режима, а также по особенностям морфологического строения ложа и берегов Волгоградское водохранилище можно разделить на три участка: озёрный (Волжская ГЭС – пос. Ровное), озёрно-речной (пос. Ровное – г. Маркс) и речной (г. Маркс – Саратовская ГЭС) [3; 7]. На эту типизацию мы будем опираться в своём исследовании.

Процесс абразии или размыва береговых склонов (один из наиболее активных геодинамических процессов) широко распространён на поверхности планеты. Наиболее актуальной областью изучения данного процесса являются искусственные водоёмы – водохранилища. На искусственных водоёмах абразия перерабатывает берега десятки лет в отличие от берегов естественных водоёмов (сотни тысяч и миллионы лет), и стадия развития процесса может быть однозначно определена как начальная [4].

Абразионно-аккумулятивные процессы на Волгоградском водохранилище, развивающиеся уже более 50 лет, зависят от ряда активных факторов и особенностей, присущих как водному объекту, так и его береговым склонам. Основными факторами развития процесса являются: режим ветрового волнения; геолого-геоморфологические особенности строения склонов речной долины Волги – будущих берегов водохранилища; режим течений в прибрежной зоне и режим уровней воды [3]. Береговые склоны Волгоградского водохранилища сложены осадочными геологическими породами, поэтому их деформации более соответствует термин «размыв». Совокупность проявлений процесса, связанных с изменением поперечного профиля берега, обычно называют переформированием [4].

Прежде всего, благоприятные условия для развития процессов переформирования создают геологическое строение и рельеф склонов водохранилища. В строении склонов правого берега преобладают плотные полускальные породы (песчаник, опока), устойчивые к действию размыва берегов водохранилища, а в склонах левобережья – менее плотные и более молодые осадочные породы (суглинки, супеси, пески). В зоне левого берега развиты морские и аллювиальные отложения эрозионно-аккумулятивных террас древнего Каспия. Единственным фактором сдерживания размыва здесь представляются слои плотных хвалыньских глин, залегающих местами ниже уреза водохранилища, а местами возвышающихся примерно на 1 м над урезом. Темп береговой деформации, охватывающий период с момента образования водохранилища, составляет у левого берега 4,4–5,9 м/год, у правого – 0,1–1,8 м/год. Прямые проявления процесса – отступление береговой линии с утратой территорий, обрушение береговых склонов, образование абразионно-аккумулятивных перемычек, абразионно-аккумулятивных отmelей и наполнение водоприёмной чаши водохранилища продуктами разрушения (заиление и занесение) приводят к резко отрицательным экологическим последствиям [4].

Ширина и глубина акватории водоёма благоприятствуют развитию ветровых волн, обуславливающих активные процессы переформирования. Участки максимального развития волнения приурочены в основном к расширениям водохранилища, где ширина акватории достигает или превышает 10 км (наибольшая ширина акватории – 13,7 км у устья зал. Еруслан; значения глубин не ниже 10 м). В зоне правого берега, по затопленному староречью Волги, преобладают глубины в интервале 25–35 м (достигая 42,5 м). Цепь расширений водохранилища сменяют участки сужений, где ширина колеблется в основном в пределах 3,5–5,5 км; зона глубоководного староречья Волги здесь так же тяготеет большей частью к правому берегу, сохраняя значения глубин, отмеченные выше [4].

Для накопления информации о процессе переформирования берегов Волгоградского водохранилища и принятия организационно-управленческих решений в сфере обеспечения безопасности на побережье водохранилища необходимо проведение регулярных наблюдений (мониторинга) изменения берега. Прежде всего, требуются наблюдение и учет главных показателей линейного отступления береговых бровок и объёмов разрушения береговых склонов. Мониторинг переформирования берегов Волгоградского водохранилища является обязательным условием предупреждения кризисного, возможно, и катастрофического развития экологических ситуаций [6].

Полевые наблюдения за переформированием берегов Волгоградского водохранилища ведутся Волгоградским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с момента наполнения чаши водоёма (1960 г.). Начиная с 1998 г. наблюдения за размывом берегов ежегодно проводятся на базе Волжского гуманитарного института в ходе экспедиций «Волжский плавучий университет». Ценность материалов мониторинга определяет многолетний характер исследований. Ряд участков и створов, на которых продолжают исследования, заложены в 1958 г. накануне создания водохранилища. Совместимость результатов многолетних наблюдений обеспечивается путем использования точных геодезических методов.

Следует отметить, что проведение полевых исследований характеризуется высокой трудоемкостью, однако имеются ограничения в количестве мониторинговых участков и створов, а так же в частоте и регулярности наблюдений. Наземные формы мониторинга на ограниченном числе участков не могут в полной мере охарактеризовать развитие процесса для всей береговой линии водохранилища.

При наблюдении за переформированием берегов альтернативой полевому методу исследований может стать применение современных информационных технологий: данных дистанционного зондирования Земли и географических информационных систем (геоинформационных систем, ГИС). Последние позволяют осуществлять мониторинг состояния водных ресурсов и прилегающих территорий и представлять его в картографическом виде, сформировать базу для хранения пространственных данных об объекте исследования.

Материалы и методика исследования

В геоинформационной системе ArcGIS 9.3 по спутниковым снимкам нами проведено деление береговой линии Волгоградского водохранилища на участки по величине отступления берега за 24-летний период (1986–2010 гг.).

В качестве исходных данных использованы контур водохранилища 1986 г. и мозаика спутниковых снимков 2010 г. Мозаика была составлена по спутниковым снимкам радиометра TM (Landsat 5) и ETM+ (Landsat 7) за июль 2010 г., взятых из открытого для пользователей глобального архива геологической службы США (USGS) [1]. Спутниковые снимки имеют пространственное разрешение 30 м. Один кадр имеет размеры 185 км на 185 км, поэтому полностью водохранилище можно отобразить на трёх базовых кадрах, из которых была составлена мозаика. Космоснимки для составления мозаики за один год подобраны за один пролёт спутника и имеют минимальную облачность. Мозаика имеет комбинацию каналов 5-4-3, которая оптимальна для исследований отступления берега. В этой комбинации 5-й канал соответствует средней инфракрасной части спектра (1.55–1.75 мкм), 4-й – ближней инфракрасной части (0.75–0.90 мкм), а 3-й – видимой красной (0.63–0.690). Данная комбинация даёт достаточный для анализа объём информации и цветовых контрастов, позволяя чётко определить контуры береговой линии.

Начальным моментом в анализе темпов размыва берега нами принят 1986 год, как наиболее ранний с наличием снимков, удовлетворяющих требованиям.

Следует отметить, что используемая нами мозаика космоснимков 2010 г. предварительно была классифицирована в программе ScanEx Image Processor 3.6.8. В качестве векторной маски, ограничивающей область классификации, послужил предварительно созданный векторный полигональный слой контуров Волгоградского водохранилища 1986 г. Была использована неуправляемая классификация без обучения ISODATA, при этом предусмотрено разделение изображения на 30 кластеров с числом итерации 20.

Предварительно был сделан сравнительный анализ величины размыва берегов водоёма по всем поперечным створам 9 действующих участков наблюдения за переформированием берегов (УПБ): Нижний Балыклей, Новоникольское, Бережновка, Молчановка, Пролейский, Бурты, Нижний Ураков, Пичуга-Южный, Ураков Бугор (рис. 1). Величина отступления была получена по спутниковым данным [1] и в ходе полевых наблюдений [3]. Расхождение полученных значений отступления берегов водохранилища составило от значений менее 1 м (профиль № 59 УПБ Молчановка) до 20,5 м (профиль № 54 УПБ Нижний Балыклей), со средней квадратичной ошибкой 5,0 м, что свидетельствует о надёжности применяемого метода [5].

По мозаике спутниковых снимков в ГИС была измерена величина размыва открытой части обоих берегов Волгоградского водохранилища. После этого созданы объекты 6 линейных векторных слоёв в соответствии с темпом отступления берега за 24 года: менее 10, 10–30, 30–50, 50–70, 70–100 и более 100 м (рис. 1).

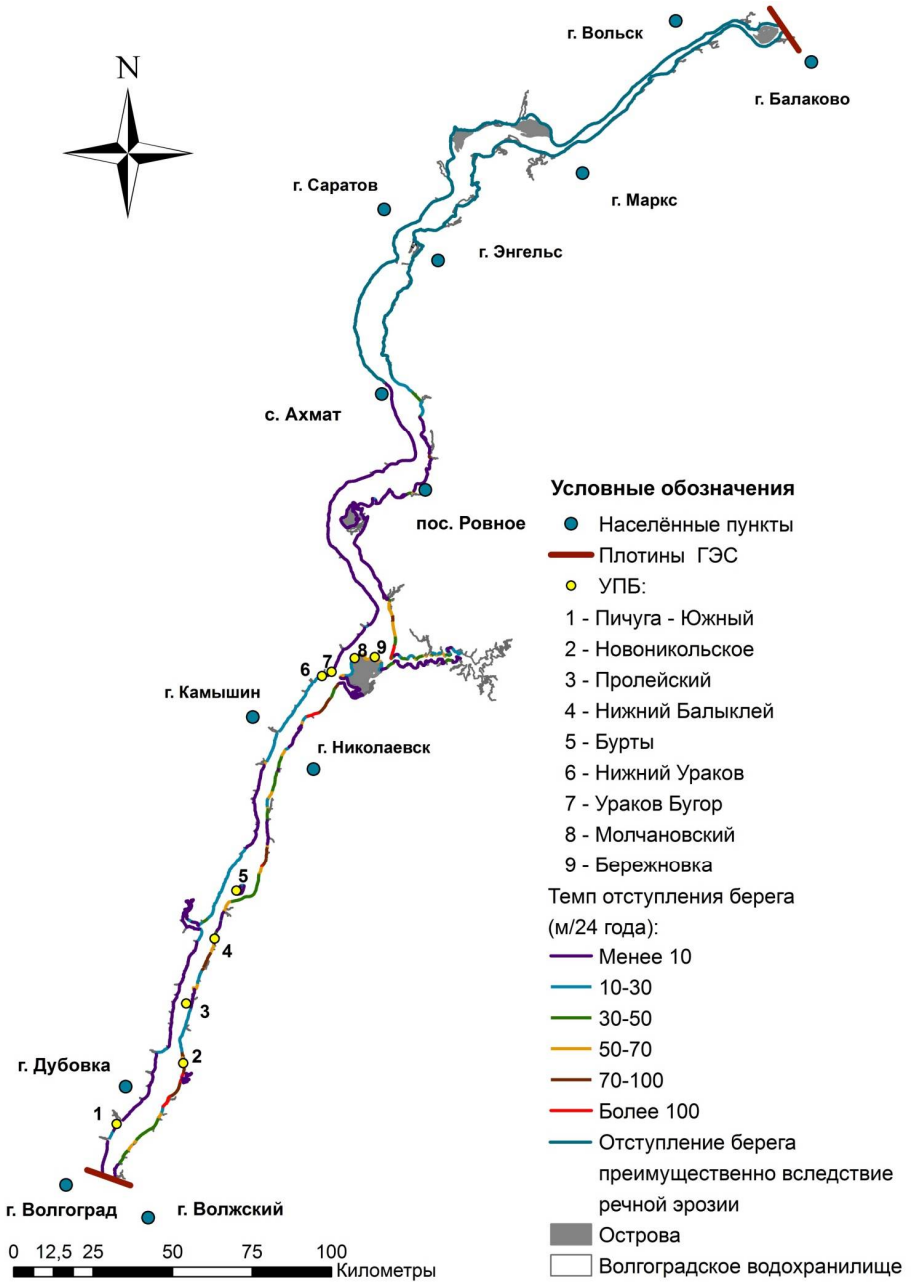


Рис. 1. Картограмма отступления берегов Волгоградского водохранилища (общий вид)

Результаты и обсуждение

Высокие темпы отступления берегов наиболее характерны для нижней озёрной части Волгоградского водохранилища, длиной по фарватеру около 300 км [5]. Результаты проведенного анализа: участок от пос. Ровное до с. Бутковка имеет средние и максимальные темпы отступления берега менее 10 м/24 года; ниже – до Волжской ГЭС на различных участках скорость отступления неодинакова.

Левобережье водохранилища характеризуется наличием участков с темпом отступления 70 – 100 м (в 1 км к юго-западу от с. Новоникольское, западнее ст. Степано-Разинская (рис. 2), южнее пос. Быково (рис.3) и др.) и более 100 м за 24 года (к северу и к югу от устья зал. Сухая Балка, в 3 км к юго-западу от с. Новоникольское (рис. 2), северо-восточнее пос. Рыбный, к северу от устья р. Еруслан (рис. 3) и др). Часть территории с. Нижний Балыклей уже утрачена к 2010 г. в результате размыва берегов.

В ходе исследования нами были выявлены районы наиболее активного переформирования левобережья за 24-летний период: от условной границы в 300 м к северо-западу от с. Рахинка до с. Новоникольское (50–100 и более 100 м за 24 года), от зал. Балка Шарова до с. Верхнепогромное (30–70 м), от зал. Песчаный до условной границы в 2 км к северу от с. Нижний Балыклей (50–100 м), от зал. Яблоневый до пос. Быково (от 30 до 100 и более 100 м), от с. Кислово до г. Николаевск (от 30 до 70 м) (рис. 2), от пос. Рыбный до устья зал. Томатный (30–100 и более 100 м), от устья реки Еруслан и выше на 4,5 км к северо-востоку (более 100 м); от с. Курнаевка и выше на 6,5 км к северо-западу (50–100 м) (рис.3).

На правобережье максимальный темп отступления за 24 года (50–70 м) был отмечен между зал. Сестрѐнки и зал. Вихлянцева, а также между заливами Верхний и Нижний Ураков (рис. 3). Преобладающий темп отступления правого берега – менее 10 м за 24 года, реже – 10–30 и даже до 50 м: район от зал. Суводская Балка до зал. Местный Рубежный (10–50 м), район от зал. Вихлянцева до зал. Нижний Ураков (10–30 м) (рис.2, 3).

По результатам дифференциации береговой линии Волгоградского водохранилища на участки нами была подсчитана доля протяжённости участков с различным темпом отступления за изученный период (табл. 1, 2).

Таблица 1

Процент общей протяжённости участков левобережья с различным темпом отступления берега за 24 года

<i>Темп отступления, м/24 года</i>	<i>Общая протяжённость участков, км</i>	<i>% от протяжённости побережья</i>
Более 100	17,1	5,0
70–100	39,2	11,6
50–70	48,3	14,3
30–50	63,7	18,8
10–30	51,9	15,3
Менее 10	118,8	35,1

Таблица 2

Процент общей протяжённости участков правобережья с различным темпом отступления берега за 24 года

<i>Темп отступления, м/24 года</i>	<i>Общая протяжённость участков, км</i>	<i>% от протяжённости побережья</i>
50–70	1,0	0,3
30–50	2,1	0,7
10–30	71,6	23,8
Менее 10	226,3	75,2

Проанализировав данные табл. 1 и 2, можно отметить, что протяжённость участков левого берега с темпом отступления более 100 м/24 года составляет 5,0 %, а общая протяжённость участков с темпом отступления от 50 до более 100 м/24 года – 30,9 %. Максимальное отступление береговой линии в Ерусланском заливе составило 50-70 м/ 24 года, наиболее протяжённое – менее 10 м – 45,5% (рис. 3). На правобережье процент протяжённости участков с темпом отступления от значений менее 10 до 30 м/24 года составляет 98,9 %. Это связано, прежде всего, с геологическим строением береговых склонов.

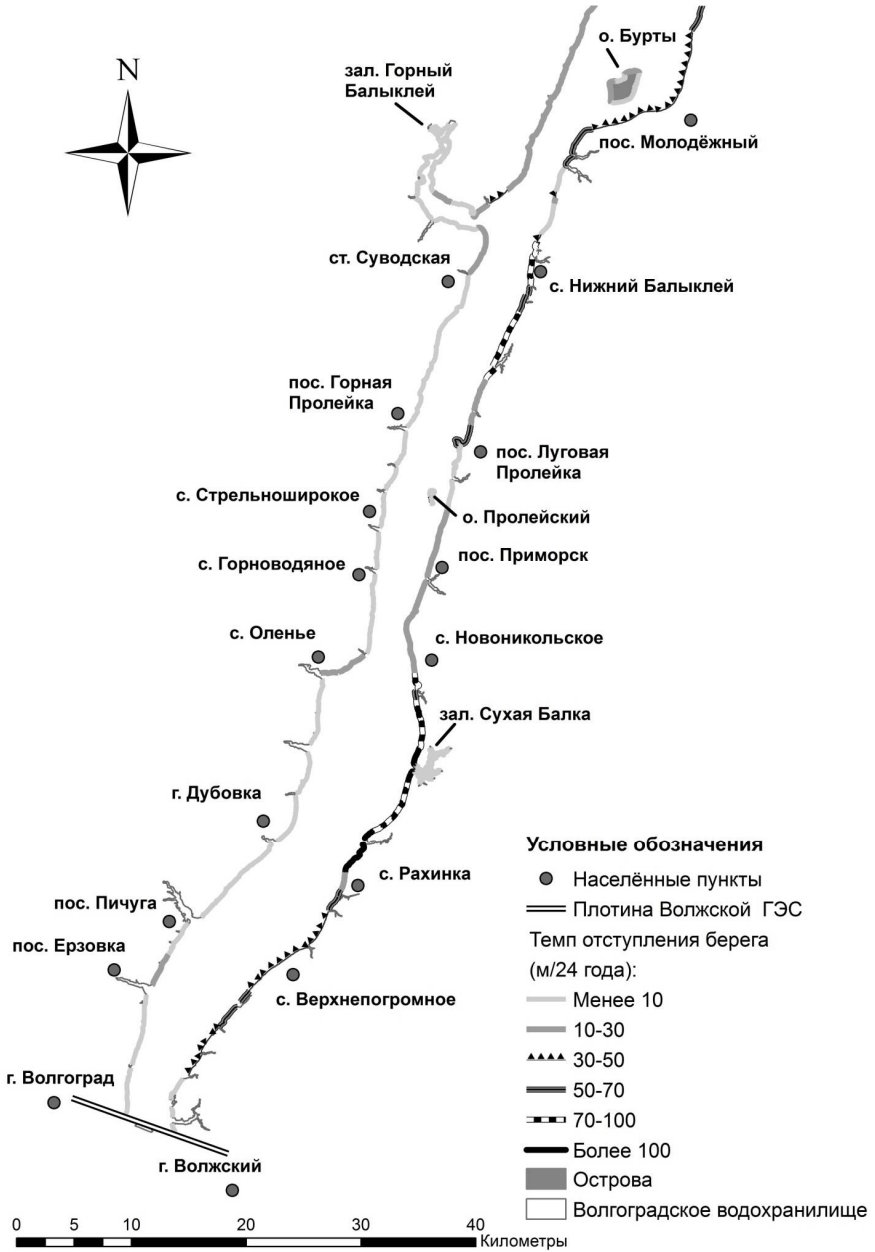


Рис. 2. Картограмма отступления берегов Волгоградского водохранилища на участке

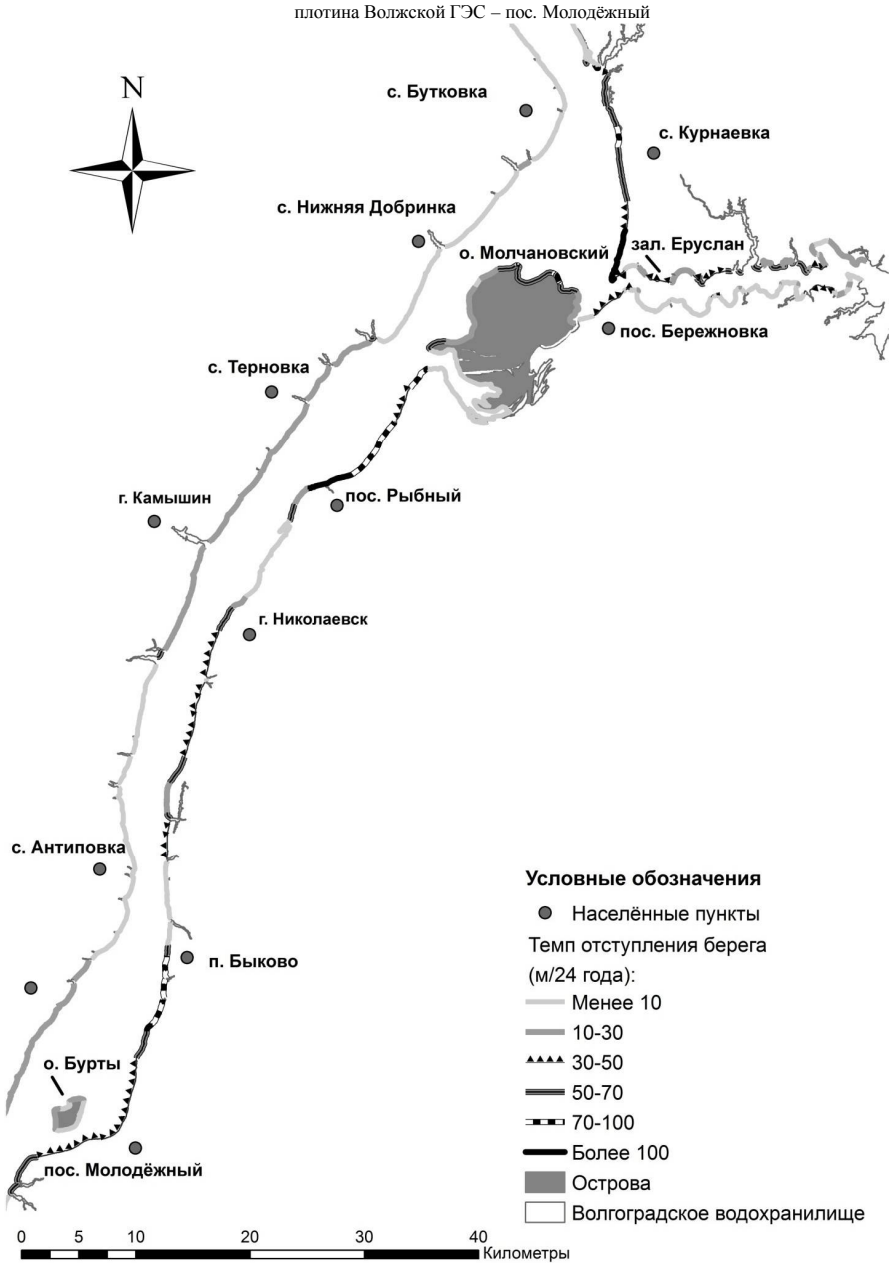


Рис. 3. Картограмма отступления берегов Волгоградского водохранилища на участке пос. Молодёжный – с. Бутковка

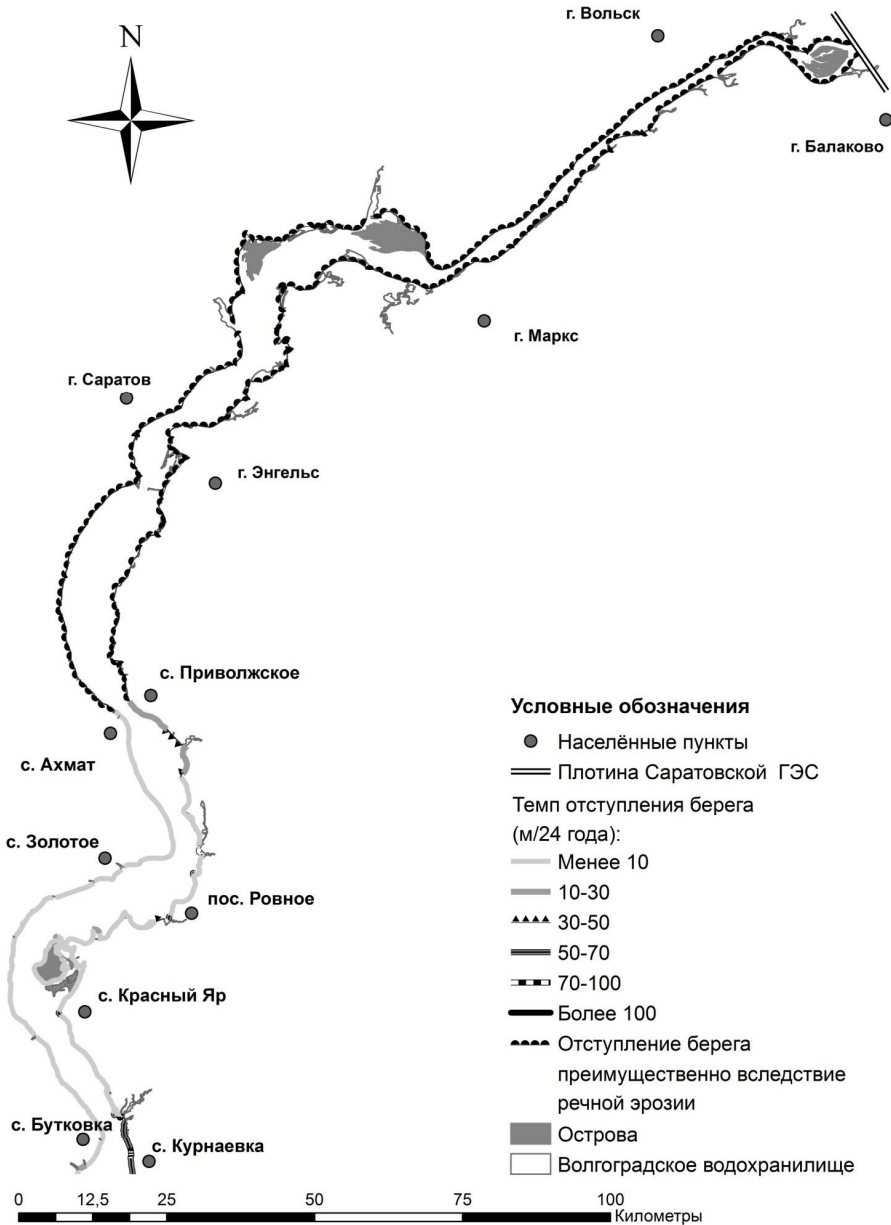


Рис. 4. Картограмма отступления берегов Волгоградского водохранилища на участке с. Бутковка – плотина Саратовской ГЭС

Выявленные деформации береговых склонов озерно-речного и, особенно, речного участков водохранилища в значительно меньшей степени определяются размывом под действием энергии ветрового волнения: здесь, по мере перемещения вверх по течению, всё большая доля береговых деформаций должна быть отнесена к процессам речной эрозии, поскольку с уменьшением показателей разгона ветровых волн здесь стремительно нарастают скорости течения, заметно превышая их размывающие значения (особенно в периоды половодий) (рис.1, 4).

В настоящее время активен процесс отступления береговых бровок островов Молчановский, Пролейский и Бурты в пределах Волгоградского водохранилища. Здесь расположено четыре действующих участка наблюдения за переформированием берегов.

Остров Молчановский. Наиболее активен процесс отступления бровок в северной части острова (от 50 до более 100 м/24 года – 11,6% от протяжённости береговой линии) (рис. 3). Темп отступления свыше 100 м характерен для участка в районе УПБ Бережновка. Выступающая крайняя западная часть острова так же активно размывается, и темп отступления здесь составил 50–70 м за 24 года.

Остров Пролейский. На западном побережье отступление составляет от 30 до 50 м за 24 года (24,8%) – в районе 2 и 3 профилей УПБ Пролейский. Профиль № 1 с северо-запада прикрыт небольшим песчаным островком (размытым волнением уже в первые годы после наполнения водохранилища), что обуславливает сокращение размеров сектора разгона ветровых волн и уменьшение показателей размыва. Отступление берега здесь составило менее 10 м за 24 года.

Остров Бурты. Максимальное отступление берегов острова Бурты составило 30 м за 24 года (рис. 3). Темп отступления 10–30 м, что составляет 41,3% протяжённости всей его береговой линии.

Одним из негативных последствий размыва береговых склонов Волгоградского водохранилища является нанесение прямого ущерба человеку и его хозяйству – утрата территорий, активно используемых экономикой и населением (к 2000 г. в результате отступления берегов водохранилища утрачено 120 км² территории). К последствиям переформирования берегов водоёма можно отнести изъятие прибрежной полосы акватории водохранилища из зоны экономической деятельности, деградацию прибрежных ландшафтов и ограничение хозяйственной деятельности человека на локальных участках побережья [3]. На сегодняшний день имеется, прежде всего, угроза утраты территорий населённых пунктов левобережья. Как говорилось выше, часть территории с. Нижний Балыклей уже утрачена к 2010 г. в результате размыва берегов водохранилища (рис. 2, 5а). Здесь, а также к юго-западу от ст. Степано-Разинская, южной части п. Быково (рис. 2), отступление берега за 24 года составило 70–100 м. Размыв берега от 50 до 70 м наблюдается к юго-западу от с. Рахинка (рис. 2, 5б), средней части г. Николаевск, сел Кислово, Курнаевка, Кольшикино (рис. 3), средней части с. Красный Яр (рис. 4). Заметим, что в 10 км к югу от с. Новоникольское (рис. 2) и севернее с. Рахинка (рис. 2, 5б) отступление берега составило более 100 м за 24 года. Темп отступления 30–50 м/24 года наблюдается к северо-западу от пос. Краснооктябрьский, с. Верхнепогромное, пос. Молодёжный (рис. 2), сел Солодушино, Очкуровка, Чкаловское.

Полученные данные позволили выявить целесообразность проведения берегоукрепительных работ на локальных участках вблизи населённых пунктов левого берега Волгоградского водохранилища.

Следует отметить, что определение темпа отступления берегов ещё не даёт полного представления о геодинамических процессах Волгоградского водохранилища. О количестве материала, удалённого с берега, а так же накопившегося во внешней части отмели за тот или иной срок, можно судить по величине призмы размыва и призмы аккумуляции, заключённых между первоначальной линией профиля (в нашем случае 1986 г.) и линиями профилей последующих лет [4]. В ходе настоящей работы был подсчитан объём призмы размыва на один погонный метр берега за период 1986–2010 гг. на одном из профилей шести участков наблюдения за переформированием берегов Волгоградского водохранилища с использованием данных натурных наблюдений и статистических методов расчёта (табл. 3).

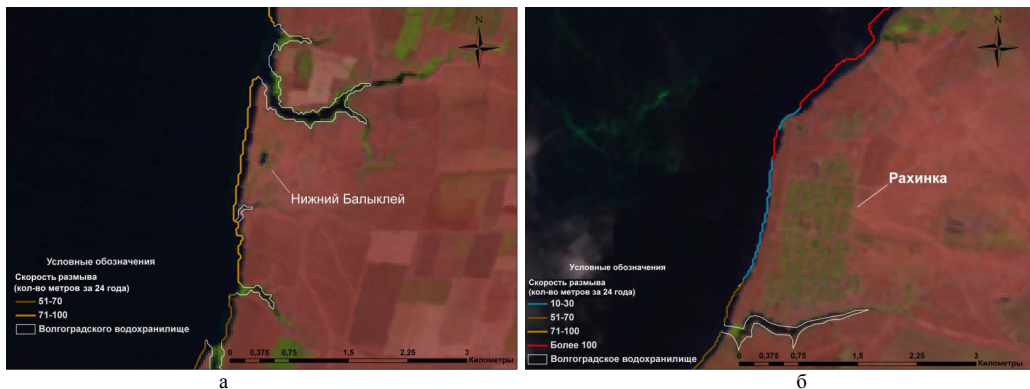


Рис. 5. Районы активного отступления береговой линии левобережья (2010 г.):
а – у пос. Нижний Балькле́й, б - севернее пос. Рахинка

Таблица 3

Объём разрушения на один погонный метр берега на одном из профилей шести участков наблюдения за перестроением берегов водохранилища за период 1986 – 2010 гг.

№ п/п	Название участка (расстояние от плотины Волжской ГЭС, км)	Берег	№ профиля	Объём разрушения, м ³ /24 года
1	Пичуга-Южный (15)	Правый	5	123,3
2	Новоникольское (40)	Левый	50	747,9
3	Пролейский (60)	Берег острова	2	353,9
4	Нижний Балькле́й (82)	Левый	53	2540,8
5	Бурты (100)	Берег острова	1	93,3
6	Бережновка (198)	Берег острова	61	817,3

Согласно данным табл. 3 наибольший объём разрушения за 24 года имеет профиль № 53 УПБ Нижний Балькле́й. Участок расположен в зоне сужения водохранилища и характеризуется динамичностью стоковых течений. Величина коэффициента аккумуляции здесь практически равна нулю и отмель расширяется только за счёт наращивания призмы размыва [4]. За счёт разрушения большей части абразионно-аккумулятивной отмели с 2000 по 2009 г., на профиле произошло значительное увеличение призмы размыва за характеризуемый период времени. На втором месте по величине объёма разрушения – профиль № 61 УПБ Бережновка и профиль № 50 УПБ Новоникольское. Оба участка расположены в зонах более глубоководных участков водохранилища и явно выраженных расширений и, как следствие, увеличения длины разгона ветровых волн. Нарастанию величины призмы размыва способствует геологическое строение берегов, которые сложены рыхлыми несцементированными породами [4]. Наименьший объём разрушения имеет профиль № 1 УПБ Бурты, так как береговая линия острова отличается наименьшим значением длины разгона ветровых волн, наличием кровли плотных хвалынских глин под слоем песка и расположена в зоне сужения водохранилища [3].

Выводы

1. В результате проведённого исследования были выявлены районы наиболее активного отступления береговой линии Волгоградского водохранилища. В качестве рекомендации отметим целесообразность проведения берегоукрепительных работ на локальных участках береговой линии с использованием метода искусственной отсыпки отмели естественными инертными материалами (песок, гравий) вблизи населенных пунктов левобережья, для которых существует непосредственная угроза утраты территории.

2. Полученные нами в ГИС картосхемы отступления берега, данные о протяженности участков с различным темпом отступления и особенностей геологического строения берегов дают возможность рассчитать объём разрушения всей береговой линии Волгоградского водохранилища.

3. Данные многолетнего мониторинга позволяют построить кривые объёмов размыва и объёмов аккумуляции для всех профилей действующих участков наблюдения за перестроением берегов водоёма. По полученным кривым впоследствии могут быть составлены прогнозы объёмов утраты прибрежной территории и объёмов аккумуляции продуктов размыва на УПБ водохранилища за какой-либо период времени.

Геодинамические процессы активно продолжаются на берегах Волгоградского водохранилища и в настоящее время. Экспедиционные исследования, применение ГИС-технологий и спутниковых данных являются актуальными, поскольку помогают проследить пространственно-временную динамику развития процессов и способствуют принятию эффективных организационно-управленческих решений по минимизации последствий негативных природных и антропогенных процессов для экосистемы водоёма и населения прибрежной территории.

Библиографический список

1. *Глобальный архив геологической службы США (USGS) [Электронный ресурс]. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 29.02.2016).*

2. *Русина А.И., Лихолет С.Ф.* Физико-географическая характеристика и гидрометеорологическая изученность водохранилища // *Гидрометеорологический режим озёр и водохранилищ СССР*. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. С. 4–7.

3. *Филиппов О.В.* Абразия на Волгоградском водохранилище: современное состояние и перспективы развития процесса // *Проблемы комплексного исследования Волгоградского водохранилища*. Волгоград: Волгоград. науч. изд-во, 2009. С. 6–24.

4. *Филиппов О.В.* Переформирование берегов Волгоградского водохранилища // *Геоморфология*. 2012. № 2. С. 34–43.

5. *Филиппов О.В., Кочеткова А.И., Баранова М.С., Куприй А.А., Сионихина Е.Н.* Некоторые результаты наблюдения за переформированием берегов Волгоградского водохранилища в ходе полевых исследований и по спутниковым данным // *Современные проблемы водохранилищ и их водосборов*: тр. Межд. науч.-практ. конф. Т. 1 Гидро- и геодинамические процессы. Управление водными ресурсами / науч. ред. А. Б. Китаев, О. В. Ларченко. Пермь, 2015. С. 138–143.

6. *Филиппов О.В., Студеникин А.В., Золотарёв Д.В.* Геоинформационный подход к исследованию процессов абразии берегов Волгоградского водохранилища // *Проблемы комплексного исследования Волгоградского водохранилища*. Волгоград: Волгоград. науч. изд-во, 2009. С. 64–71.

7. *Шацуловский В.А., Мосияш С.С.* Формирование биологических ресурсов Волгоградского водохранилища в ходе сукцессии его экосистемы. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 250 с.

References

1. The global archive of the United States Geological Survey (USGS), available at: <http://earthexplorer.usgs.gov/> (Accessed 29 February 2016).

2. Rusina, A.I. and Likholet, S.F. (1976) "Physical and geographical characteristics and hydrometeorological study of a reservoir", *Hydrometeorological regime of lakes and reservoirs of the USSR*, Gidrometeoizdat Publ., Leningrad, pp. 4–7.

3. Filippov O.V. (2009) "Abrasion at the Volgograd reservoir: current state and prospects of the process development", *Problems of the complex study of the Volgograd reservoir*, Volgograd. науч. изд-во Publ., Volgograd, pp. 6–24.

4. Filippov O.V. (2012) "Reshaping of the Volgograd reservoir shoreline", *Geomorphology RAS*, no. 2, pp. 34–43.

5. Filippov, O.V., Kochetkova, A.I., Baranova, M.S., Kupriy, A.A. and Sionikhina, E.N. (2015) "Some results of observation of the Volgograd reservoir shoreline transformation in the course of field investigations and with the use of satellite data", *Sovremennye problemy vodokhranilishh i ikh vodosborov. Gidro- i geodinamicheskie processy. Upravlenie vodnymi resursami*. [Current problems of reservoirs and their water basins. Hydro- and geodynamic processes. Management of water resources], *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya "Sovremennye problemy vodokhranilishh i ikh vodosborov"*

[International scientific and practical conference "Modern problems of reservoirs and their water basins"], vol.1, 29-30 May, Perm, Russia, pp. 138–143.

6. Filippov, O.V., Studenikin, A.V. and Zolotaryov D.V. (2009) "Geoinformation approach to the study of the Volgograd reservoir shoreline abrasion processes", *Problems of the complex study of the Volgograd reservoir*, pp. 64–71.

7. Shashulovskij, V.A. and Mosiyash, S.S. (2010) *Formirovanie biologicheskikh resursov Volgogradskogo vodokhranilishha v khode sukcesii ego ekosistemy* [Formation of biological resources of the Volgograd reservoir as part of its ecosystem succession], Association of scientific publications KMK Publ., Moscow, Russia, 250 p.

Поступила в редакцию: 21.02.2016

Сведения об авторах

Баранова Мария Сергеевна

ассистент кафедры «Природопользование»
Волжского гуманитарного института (филиала)
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Волгоградский государственный
университет»;
Россия, 404133, Волгоградская область, Волжский,
ул. 40 лет Победы, 11;
e-mail: maria_baranova2902@rambler.ru

Филиппов Олег Васильевич

кандидат географических наук, доцент кафедры
«Природопользование» Волжского гуманитарного
института (филиала) федерального
государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Волгоградский
государственный университет»;
Россия, 404133, Волгоградская область, Волжский,
ул. 40 лет Победы, 11;
e-mail: ovfilippov@list.ru

Кочеткова Анна Игоревна

кандидат биологических наук, доцент кафедры
«Природопользование» Волжского гуманитарного
института (филиала) федерального
государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Волгоградский
государственный университет»;
Россия, 404133, Волгоградская область, Волжский,
ул. 40 лет Победы, 11;
e-mail: aikochetkova@mail.ru

Брызгалова Елена Сергеевна

ассистент кафедры «Природопользование»
Волжского гуманитарного института (филиала)
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Волгоградский государственный
университет»;
Россия, 404133, Волгоградская область, Волжский,
ул. 40 лет Победы, 11;
e-mail: bryzgalina_elena@mail.ru

About the authors

Maria S. Baranova

assistant of the department of environmental
management of the Volzhsky Humanities Institute
(branch) of federal state autonomous educational
institution of higher education «Volgograd State
University»;
11, 40 years of the Victory street, Volzhskiy, the
Volgograd region, 404133, Russia;
e-mail: maria_baranova2902@rambler.ru

Oleg V. Philippov

candidate of geographical sciences, docent of the
department of environmental management of the
Volzhsky Humanities Institute (branch) of federal state
autonomous educational institution of higher education
«Volgograd State University»;
11, 40 years of the Victory street, Volzhskiy, the
Volgograd region, 404133, Russia;
e-mail: ovfilippov@list.ru

Anna I. Kochetkova

candidate of biological sciences, docent of the
department of environmental management of the
Volzhsky Humanities Institute (branch) of federal state
autonomous educational institution of higher education
«Volgograd State University»;
11, 40 years of the Victory street, Volzhskiy, the
Volgograd region, 404133, Russia;
e-mail: aikochetkova@mail.ru

Elena S. Bryzgalina

assistant of the department of environmental
management of the Volzhsky Humanities Institute
(branch) of federal state autonomous educational
institution of higher education «Volgograd State
University»;
11, 40 years of the Victory street, Volzhskiy, the
Volgograd region, 404133, Russia;
e-mail: bryzgalina_elena@mail.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Баранова М.С., Филиппов О.В., Кочеткова А.И., Брызгалина Е.С. Гис-технологии и спутниковые данные как инструменты мониторинга геодинамических процессов Волгоградского водохранилища // Географический вестник. 2016. №2(37). С. 148–160. doi 10.17072/2079-7877-2016-2-148-160

Please cite this article in English as:

Baranova M.S., Philippov O.V., Kochetkova A.I., Bryzgalina E.S.

GIS technology and satellite data as tools for monitoring geodynamic processes in the Volgograd reservoir // Geographicheskij Vestnik. 2016. №2(37). P. 148–160. doi 10.17072/2079-7877-2016-2-148-160