



Современные проблемы территориального развития. 2018. №3. ID 48
ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

Безвершенко Любовь Сергеевна

ассистент, кафедра геоморфологии и геоэкологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского
bezvershenko00@gmail.ru

Данилов Владимир Анатольевич

доцент, кафедра геоморфологии и геоэкологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского
kohavi@yandex.ru

Федоров Алексей Васильевич

старший преподаватель, кафедра геоморфологии и геоэкологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского
alexeivf@gmail.com

УДК 551.8(234.84)/94(047).031:528.7

МЕТОДИКА РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕОРЕЛЬЕФА УВЕКСКОГО МАССИВА В XIII ВЕКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

В статье описывается метод реконструкции палеорельефа Увекского массива в XIII в., на основе цифровой модели современного рельефа. Анализу подвергаются геолого-геоморфологическое строение и факторы, провоцирующие изменение рельефа. Для реализации этой работы использовались возможности палеогеографии, археологии, геоинформатики с применением трехмерного лазерного сканирования и тематического картографирования. В ходе исследования была получена трехмерная реконструкция палеорельефа Увекского массива.



Современные проблемы территориального развития. 2018. №3. ID 48
ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

Ключевые слова: цифровая модель рельефа, пространственно-временная модель, трехмерная модель, палеорельеф, рельеф, реконструкция, Увекский массив, Увекское городище.

Введение. Восстановление облика древней земной поверхности, называемое палеогеоморфологической реконструкцией, является технически сложным в исполнении, а по результату не всегда однозначным и достоверным, что чаще всего определяется неполнотой доступной информации [1]. Восстановление палеорельефа в районах археологических раскопок представляет актуальную задачу, требующую применение как исторических, так и геолого-геоморфологических методов изучения [2]. Использование геоинформационных технологий в исследованиях для решения такого рода задач позволяет дополнить методику реконструкции палеорельефа. Эволюция изменений способов перспективного изображения рельефа, от примитивных картинных изображений к точным физико-географическим изображениям [3] и объемным трехмерным моделям, повышает точность передачи полученных данных.

В представленной работе *объектами исследования* является палеорельеф и геолого-геоморфологическое строение Увекского массива.

Актуальность проведения исследований определяется накопившимся массивом информации исследуемой территории и ее исторической значимостью [4]. Свое выражение оно получило в реализации при создании пространственно-временной модели золотоордынского города Укек, находящегося на территории Увекского массива. Одним из главных этапов создания подобной модели является реконструкция палеорельефа золотоордынского города Укек и прилегающей территории.

Цель исследования: на основе опубликованных источников, полевых исследований с помощью геоинформационных технологий провести реконструкцию палеорельефа в XIII в.

Методы исследования: картографический метод с использованием геоинформационных технологий (программное обеспечение MapInfo, AutoCAD, ArcGIS).

Исследуемая территория. Изучаемый участок представляет собой территорию Увекского массива, являющийся восточной частью Приволжской возвышенности. Район ограничивается на северо-западе и севере долиной р. Увековка (Назаровка, Черниха) на востоке Волгоградским водохранилищем, а



Современные проблемы территориального развития. 2018. №3. ID 48
ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

на юго-западе – крупной овражной системой. Прибрежная полоса Приволжской возвышенности к югу от города Саратова, куда входит Увекский массив, представляет собой район интенсивного развития оползней [5]. Помимо этого, широкое распространение на исследуемой территории получили и другие геоморфологические процессы: делювиальные, элювиальные и эоловые.

Наряду с геолого-геоморфологическим изучением, на территории Увекского массива проводятся археологические изыскания. Увекское городище, отождествляемое с городом Укек, которое представляет собой остатки единственного средневекового золотоордынского города на территории области [6], располагается в нижней части массива. Памятник занимает площадь более 205 га. Это позволяет оценивать численность населения города в 9 – 10 тыс. человек [7]. На период XIII – XIV вв., город относят к крупным золотоордынским городам Нижнего Поволжья [8].

Изучение физико-географических особенностей региона позволило выявить определяющие факторы рельефообразования. К ним относятся геолого-геоморфологические и гидролого-климатические особенности территории, главными из которых являются развитие оползневых и овражно-балочных процессов.

Методика реконструкции палеорельефа Увекского массива. В основу моделирования положен принцип изучения площадного распространения геолого-геоморфологических слоев по данным полевых исследований [1].

Основной процесс построения цифровой модели палеорельефа Увекского массива в XIII в. включал:

- моделирование современного рельефа видимой поверхности массива;
- выявление основных районов развития оползневых процессов;
- реконструкцию палеорельефа поверхности.

В качестве *исходных материалов* для восстановления палеорельефа на исследуемый период были использованы:

- разномасштабные топографические и тематические картографические материалы;
- данные дистанционного зондирования (космические снимки);
- обработанные данные наземного лазерного сканирования отдельных поверхностей массива;
- данные геологических бурений 1935–1936 гг.;
- данные археологических раскопов Увекского городища 2000–2015 гг.;
- научные публикации (монографии, статьи в сборниках и научных



Современные проблемы территориального развития. 2018. №3. ID 48
ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

журналах).

Пространственная привязка данных всего хода работ проводилась в системе координат UTM для эллипсоида WGS84, а построение моделей осуществлялось базовыми функциями ГИС-пакетов ArcGIS и AutoCAD. Процесс моделирования реконструкции рельефа поверхности по состоянию на XIII в. заключался в поэтапном создании цифровой модели рельефа (ЦМР) на исследуемый период.

Цифровая модель современного рельефа представляет моделирование поверхности «антропогенного» рельефа, на основе анализа разномасштабных топографических карт и космических снимков. Для более точного анализа рельефа поверхности было проведено натурное лазерное сканирование Увекского массива с использованием сканера Leica Scan Station P20. Первичная обработка исходного «облака» точек съемки земной поверхности, включала геопривязку данных и отделение сторонних шумов. Для моделирования поверхности рельефа использовалось «прореженное» облако данных лазерного сканирования. Также применялась подробная топографическая съемка с использованием поверенных тахеометра и цифрового нивелира. Это позволило отобразить поверхность с высокой точностью (отклонения результатов измерений колеблется в пределах 0,1 м) и интегрировать полученные данные съемки в уже построенную цифровую модель рельефа.

В программном комплексе ArcGIS цифровая модель рельефа с помощью инструментов алгебры карты ЦМР была скорректирована с учетом данных сканирования, что позволило создать максимально приближенную к реальности модель поверхности.

Полученная модель поверхности современного естественного рельефа была дополнена данными бурения 1935–1936 гг., с целью *выявления неустойчивых оползневых участков*. Изучение геологических профилей и научных публикаций позволило определить геологическое залегание слоев, которые влияют на изменение рельефа Увекского массива.

Исзуемая территория находится на юго-востоке Русской плиты, входящей в состав докембрийской Восточно-Европейской платформы, имеющей, как и все платформы, ярусное строение. Нижний слой представлен кристаллическим фундаментом архейского возраста, сложенный метаморфическими и магматическими породами. Верхний – осадочный покров, образован комплексом пород от палеозойского до четвертичного возраста включительно [9]. Неоднократное изменение палеогеографических условий



Современные проблемы территориального развития. 2018. №3. ID 48
ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

определили залегание осадочных пород. Оно представлено четвертичными нижнее плейстоценовыми отложениями: акчагыльскими (N_{2ak}), мезозойскими (MZ) отложениями меловой системы (K), подразделяющиеся на нижний и верхний отделы. Нижний отдел (K_1) представлен аптским ярусом (K_{1ap}), сложенный преимущественно глинисто-песчаными отложениями, и альбским ярусом (K_{1al}), сложенный песчано-глинистыми отложениями. Верхний отдел (K_2) представлен сеноманским ярусом (K_{2cm}), сложенный, главным образом, песками. Литологический состав пород представляет послойное залегание разновозрастных глин и песков. Такое чередование оказывает влияние на образование горно-увалистого рельефа с активными оползневыми процессами, а также с многочисленными короткими действующими оврагами [4].

Детальное инженерно-геологическое обследование Увекского косогора, произведенное Коровкиным М. П. 1935–1936 гг., указали на ряд причин, создающие благоприятные условия для образования оползней. Среди них отмечается [10]:

1. Наличие и совместное действие воды сеноманского и альбских водоносных горизонтов, залегающих среди жирных, сланцевых глин.
2. Разбитость отложений косогора вертикальными трещинами, благодаря чему грунты слабо сцеплены, и отрыв пакетов коренных глин сравнительно легко происходит по ним.
3. Большая крутизна откосов.
4. Большое количество пылеватых грунтов, отличающихся большей влагоемкостью, слабой водоотдачей и низким пределом текучести.
5. Отсутствие сплошных контрбанкетов на площади оползня, что обусловлено:
 - а) отсутствием волжской поймы;
 - б) большой крутизной плоскости скольжения, имеющая разность высот в 20-30 м на протяжении 350 м от террасы до берега Волги;
 - в) наличием глубокой западины и лога у подошвы косогора, заполненные разрушенными грунтами и пльвунами, что дает возможность отколовшемуся массиву резко погружаться вниз.
6. Постоянное разрушающее действие воды в оползневых низинах на подошву обрыва коренной террасы.
7. Неорганизованность поверхностного стока при больших колебаниях слоя осадков и запасов воды в тающем снеге.



Современные проблемы территориального развития. 2018. №3. ID 48
ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

8. Колебания уровня Волги.

9. Размыв прибрежного участка дна Волги, являющегося шлейфом оползня и естественным контарбанкетом.

Данные бурений о геологическом строении и формировании рельефа оказали свое влияние на развитие современных оползней. В зависимости от этих особенностей всю территорию Увекского массива И. С. Рогозин и Г. В. Дунаева разделяют на четыре основных очага [4]:

1. Северный участок, в пределах склона к р. Увековка.

2. Средний участок, у горы Шаблиха.

3. Южный участок, между горой Шаблиха и древними оползнями волжского склона.

4. Береговой участок.

На основании материалов геологических съемок, дополненные данными археологических профилей в период 2000–2015, была восстановлена поверхность кровли меловых пород. Сопоставление данной поверхности с цифровой моделью рельефа в программном комплексе ArcGIS позволило определить предполагаемые направления и масштабы крупнейших оползней, происходивших на территории золотоордынского города Увек (рисунок 1).

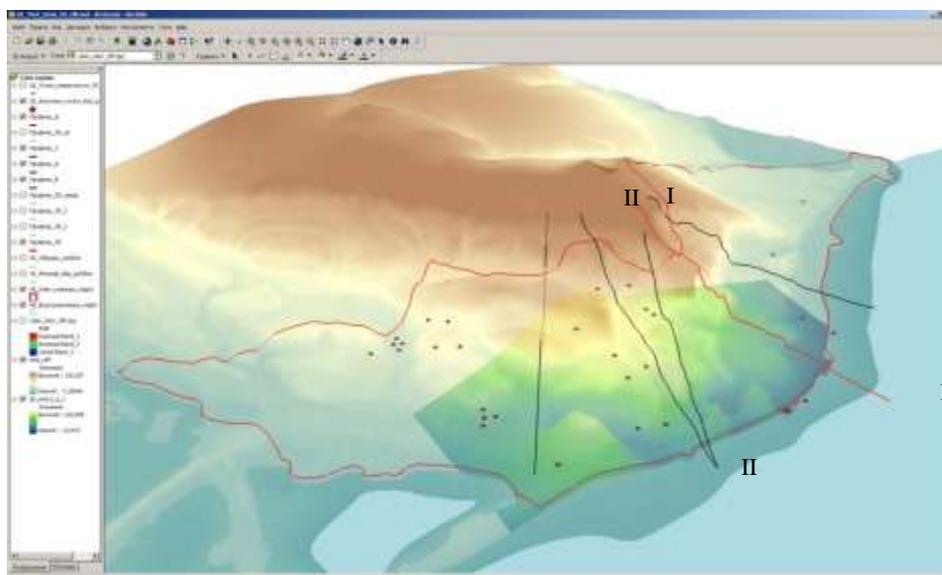


Рис. 1. Сопоставление цифровой модели рельефа и поверхности коренных пород



Современные проблемы территориального развития. 2018. №3. ID 48
ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

При создании *цифровой модели погребенного рельефа* необходимо уделить пристальное внимание природообразующим факторам. Для достижения максимально точной реконструкции дооползневой рельефа предстояло решить проблему воссоздания береговой линии и рельефа местности на начало первой половины XIII века, т.е. на момент основания древнего города.

Для построения ЦМР использовались горизонталь, а также лоции Волгоградского водохранилища, для учета рельефа водного объекта. Вначале был определён абсолютный уровень зеркала воды в р. Волга до заполнения Волгоградского водохранилища. Для этого применялись расчеты В. А. Брылева с соавторами при изучении палеопотамологии речной системы Волги, где установлено смещение русла в пределах Самарской Луки на 90–120 км к западу, что составляет 2–3 см/год [11]. Это позволило реконструировать линию волжского берега с учётом абразионных процессов, размывавших культурный слой Увекского городища.

На основании полученной информации, созданная цифровая модель современного рельефа была скорректирована. Над уровнем воды были подняты участки поймы и нижней террасы, переработанные Волгой за несколько веков. В программном комплексе ArcGIS в модуле Spatial Analyst была проведена интерполяция с итоговым размером ячейки 1 метр. Затем данные были экспортированы в программный комплекс Autodesk AutoCAD Civil, где была создана реконструированная поверхность рельефа.

По осям оползня 1935 года и осям предполагаемых более ранних оползней были построены профили дневной поверхности и коренных пород. На их основании созданы профили предполагаемой поверхности по состоянию на XIII в. (рисунки 2, 3).

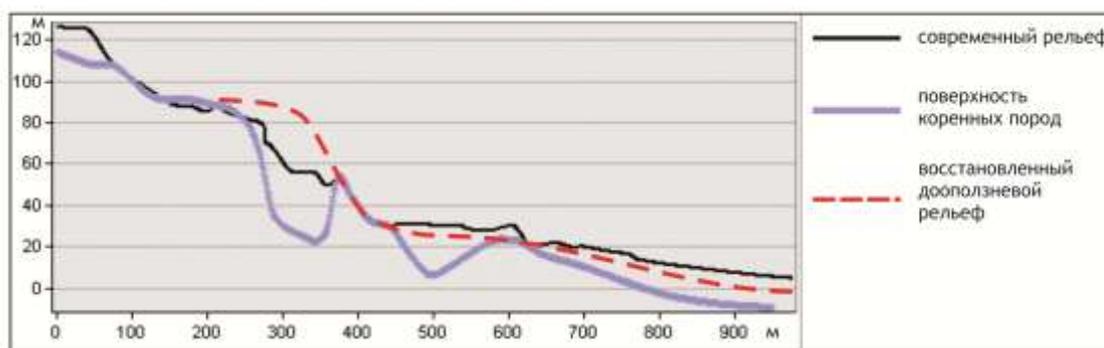


Рис. 2. Профиль I-I по оси оползня 1935 года



Современные проблемы территориального развития. 2018. №3. ID 48
ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

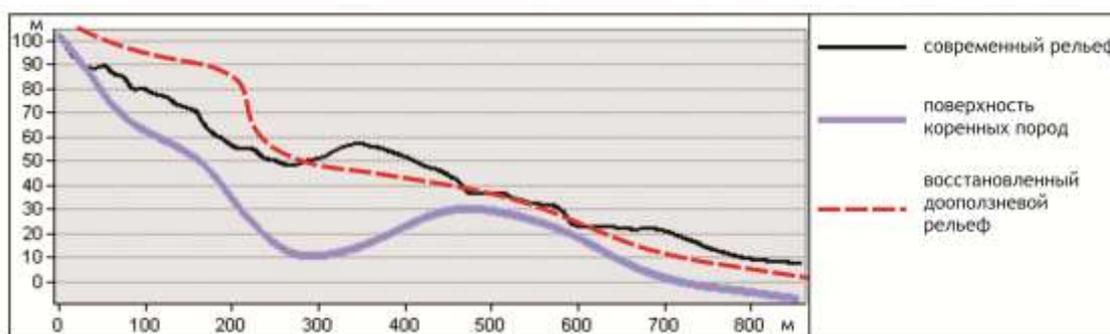


Рис. 3. Профиль II-II по оси оползня в центральной части склона

Продольные профили показывают изменение отметок высот на склоновых участках. В результате движения оползневых масс в местах наибольшего удаления от поверхности коренных пород происходил сдвиг масс, образуя на склоне стенку срыва оползня, а в некоторых участках обнажение коренных пород. Тем самым в присклоновой части образуется приоползневые валы и перекрытие пород.

Заключение. В процессе создания цифровой модели палеорельефа XIII в. Увекского массива была получена информации об истории, составе и условии залегания геологических слоев. Именно они в большей степени ответственны за преобладание оползневых процессов на исследуемой территории, имеющие активное развитие на Увекском массиве.

На основании этой информации была построена цифровая модель палеорельефа XIII в., которая стала основой для создания пространственно-временной модели золотоордынского города Укек. На ней продемонстрированы направления движений крупных оползневых масс, которые могли оказывать влияние на размещение городской застройки.



Современные проблемы территориального развития. 2018. №3. ID 48
ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

Список использованных источников

1. Селезнева Е. В., Лурье И. К., Панин А. В. Создание и исследование цифровых моделей рельефа для реконструкции палеорельефа острова Пор-Бажын // Геоинформатика. № 3. 2009. С. 37–44.
2. Дикарев В. А. Реконструкция палеорельефа бухты Широкая и геоморфологического положения античного поселения Генеральское Западное на Керченском полуострове (III–IV века до н.э.) // Труды IV (XX) Всероссийского археологического съезда. 2014. С. 314–316.
3. Берлянт А. М. Теория геоизображений. М.: ГЕОС, 2006. 262 с.
4. Безвершенко Л. С., Федоров А. В. Создание и формирование базы данных для геоинформационной системы «Золотоордынский город Укек» // Теория и практика гармонизации взаимодействия природных, социальных и производственных систем региона. 2017. Т. 1. С. 320–323.
5. Рогозин И. С., Дунаева Г. В. Оползни Саратовского Поволжья. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 158 с.
6. Юдин А. И. О проблемах сохранения памятников археологии на территории Саратовской городской агломерации // Археологическое наследие Саратовского края. 2009. Вып. 9. С. 3–19.
7. Недашковский Л. Ф. Золотоордынский город Укек и его округа. М.: Восточная литература, 2000. 224 с.
8. Недашковский Л. Ф. Методические аспекты исследования комплексов археологических памятников округа крупнейших золотоордынских городов Нижнего Поволжья // Поволжская археология. 2013. №4 (6). С. 118–128.
9. Востряков А. В. Геология Саратовского района и геологические процессы в окрестностях города. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1977. 113 с.
10. Коровкин М. П. Увекский оползень // Разведка недр. 1938. №13. С. 11–19.
11. Палеопототамология речной системы Волги Брылев В. А., Мозжерин В. В., Панин А. В., Сидорчук А. Ю. // Эрозионные и русловые процессы. 2010. Т. 5. С. 116–146.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранта 07/2015-Р.



Современные проблемы территориального развития. 2018. №3. ID 48
ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

Bezvenchenko Lubov

assistant, Department of Geomorphology and Geoecology, Saratov National Research University N. G. Chernyshevsky
bezvershenko00@gmail.com

Danilov Vladimir

associate professor, Department of Geomorphology and Geoecology, Saratov National Research University N. G. Chernyshevsky
kohavi@yandex.ru

Fedorov Alexey

senior lecturer, Department of Geomorphology and Geoecology, Saratov National Research University N. G. Chernyshevsky
alexeivf@gmail.com

**METHODOLOGY OF RECONSTRUCTION OF PALEORELIEF
VYUKSKY MASSIVE IN THE XIII CENTURY
WITH THE USE OF GIS TECHNOLOGIES**

The article describes the method of reconstruction of the Paleorelief of the Uvекsky Massif in the XIII century, based on the digital model of the modern relief. The analysis is subjected to a geological-geomorphological structure and factors provoking a change in the relief. To realize this work, the possibilities of paleogeography, archeology, and geoinformatics using 3D laser scanning and thematic mapping were used. In the course of the study, a three-dimensional reconstruction of the Paleorelief of the Uvek Massif was obtained.



Современные проблемы территориального развития. 2018. №3. ID 48
ISSN: 2542-2103

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 — 68371 от 30.12.2016

Key words: digital relief model, space-time model, three-dimensional model, paleorelief, relief, reconstruction, Uveksky massif, Uvekskoe hillfort.

© АНО СНОЛД «Партнёр», 2018

© Безвершенко Л. С., 2018

© Данилов А. В., 2018

© Федоров А. В., 2018

Учредитель и издатель журнала:

Автономная некоммерческая организация содействие научно-образовательной и литературной деятельности «Партнёр»

ОГРН 1161300050130 ИНН/КПП 1328012707/132801001

Адрес редакции:

430027, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Ульянова, д.22 Д, пом.1

тел./факс: (8342) 32-47-56; тел. общ.: +79271931888;

E-mail: redactor@anopartner.ru



О журнале

- ✓ Журнал имеет государственную регистрацию СМИ и ему присвоен международный стандартный серийный номер ISSN.
- ✓ Материалы журнала включаются в библиографическую базу данных научных публикаций российских учёных Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
- ✓ Журнал является официальным изданием. Ссылки на него учитываются так же, как и на печатный труд.
- ✓ Редакция осуществляет рецензирование всех поступающих материалов, соответствующих тематике издания, с целью их экспертной оценки.
- ✓ Журнал выходит на компакт-дисках. Обязательный экземпляр каждого выпуска проходит регистрацию в Научно-техническом центре «Информрегистр».
- ✓ Журнал находится в свободном доступе в сети Интернет по адресу: www.terjournal.ru. Пользователи могут бесплатно читать, загружать, копировать, распространять, использовать в образовательном процессе все статьи.

Прием заявок на публикацию статей и текстов статей, оплата статей осуществляется через функционал Личного кабинета сайта издательства "Партнёр" (www.anopartner.ru) и не требует посещения офиса.