

**ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

УДК 912.648, 551.435.118

<http://doi.org/10.36906/KSP-2020/01>*Коркин С.Е.**Нижневартровский государственный университет**г. Нижневартовск, Россия**Институт экологии растений и животных УрО РАН г. Екатеринбург, Россия**Евграшина А.О., Исыпов В.А.**Нижневартровский государственный университет**г. Нижневартовск, Россия***ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ  
ДЛЯ ФИКСАЦИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ**

**Аннотация.** В работе рассмотрено применение наиболее оперативных и эффективных методов дистанционного зондирования для мониторинга состояния и динамики изменения береговых участков под действием горизонтальных русловых деформаций. Это необходимо для составления более точных прогнозов изменения состояния земель и недопущения негативных последствий для окружающей среды и жизнедеятельности населения. Цель работы – анализ методов дистанционного зондирования, применяемых для фиксации горизонтальных русловых деформаций реки Обь на инициативных стационарных постах. В результате проведенного анализа можно сделать вывод о том, что применение беспилотного летательного аппарата для мониторинга русловых деформаций оправдало себя в области проведения съемки с небольших высот, и данный метод можно использовать как самостоятельный для изучения локальных участков с получением данных высокой точности.

**Ключевые слова:** русловые деформации; эрозия; бровка; инициативный стационар; цифровая 3D-модель; методы дистанционного зондирования.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и  
Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры  
в рамках научного проекта № 18-45-860001 р\_а., а также при финансовой поддержке  
РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05259.*

Согласно районированию территории России по условиям размыва речных берегов, реки Западно-Сибирской равнины обладают высокой интенсивностью размыва. Это характерно для рек со свободным развитием русловых деформаций, бассейны которых сложены песками, легкими суглинками, лессовидными отложениями. Эти процессы в зависимости от площади и интенсивности их проявления могут оказывать серьезные

негативные последствия на экосистемы и жизнедеятельность человека. Так как большое количество населенных пунктов расположено именно на реках, наиболее опасной является линейная эрозия. В совокупности с боковой эрозией создаются условия проявления повсеместного размыва берегов рек [1]. Актуальность данной темы заключается в применении наиболее оперативных и эффективных методов дистанционного зондирования для мониторинга состояния и динамики изменения береговых участков под действием горизонтальных русловых деформаций. Это необходимо для составления более точных прогнозов изменения состояния земель и недопущения негативных последствий для окружающей среды и жизнедеятельности населения.

Цель данной работы заключается в анализе методов дистанционного зондирования, применяемых для фиксации горизонтальных русловых деформаций реки Обь на инициативном стационаре. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: рассмотрена теоретическая основа дистанционного зондирования Земли; проанализированы результаты геодезических методов мониторинга русловых деформаций; применен метод дистанционного зондирования с реализацией 3D-моделирования и сопоставления с результатами, полученными другими методами.

В качестве объекта исследования выбран берег реки Обь в пределах Усть-Вахского инициативного стационарного поста. Динамика эрозионных процессов исследуется на данном участке студентами и сотрудниками Нижневартовского государственного университета с 2001 г. Данные исследования продолжают режимные наблюдения Тюменской комплексной геологоразведочной экспедиции (ТКГРЭ) [2, с. 94].

В объем проделанной работы вошли: метрическая обработка снимков, полученных в результате съемки местности с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА); дешифрирование объектов по их изображениям, в том числе определение характеристик объектов, их формы, размеров и положения в пространстве. В данной работе для обработки материалов съемки использована программа Agisoft Metashape Professional (<https://www.agisoft.com/>).

В ходе обработки полученных изображений построена цифровая 3D-модель участка Усть-Вахского стационара на правом берегу реки Обь, и в результате анализа тайловой модели построена линия бровки размываемого берега, длина которой составила 250 м (рис. 1).

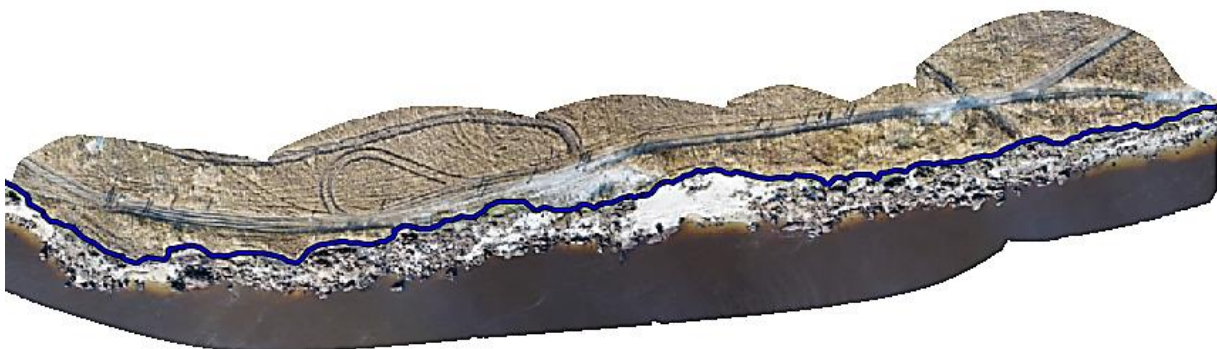


Рис. 1. Бровка береговой линии реки Обь в пределах Усть-Вахского стационара на цифровой модели местности

В ходе проделанной работы полученные результаты сравнивались путем наложения построенных полигональных линий берега исследуемого объекта. Для сравнения и анализа использована программа QGIS Desktop. Для этого построенная береговая линия была экспортирована в формат .shp, а сама модель местности сохранена в виде плана с расширением tif. Наложение береговой бровки, построенных на основе данных спутникового оборудования и беспилотного летательного аппарата, показало очевидное расхождение. Линии не совпали, а в некоторых створах разница их положения составляет до двух метров (рис. 2).

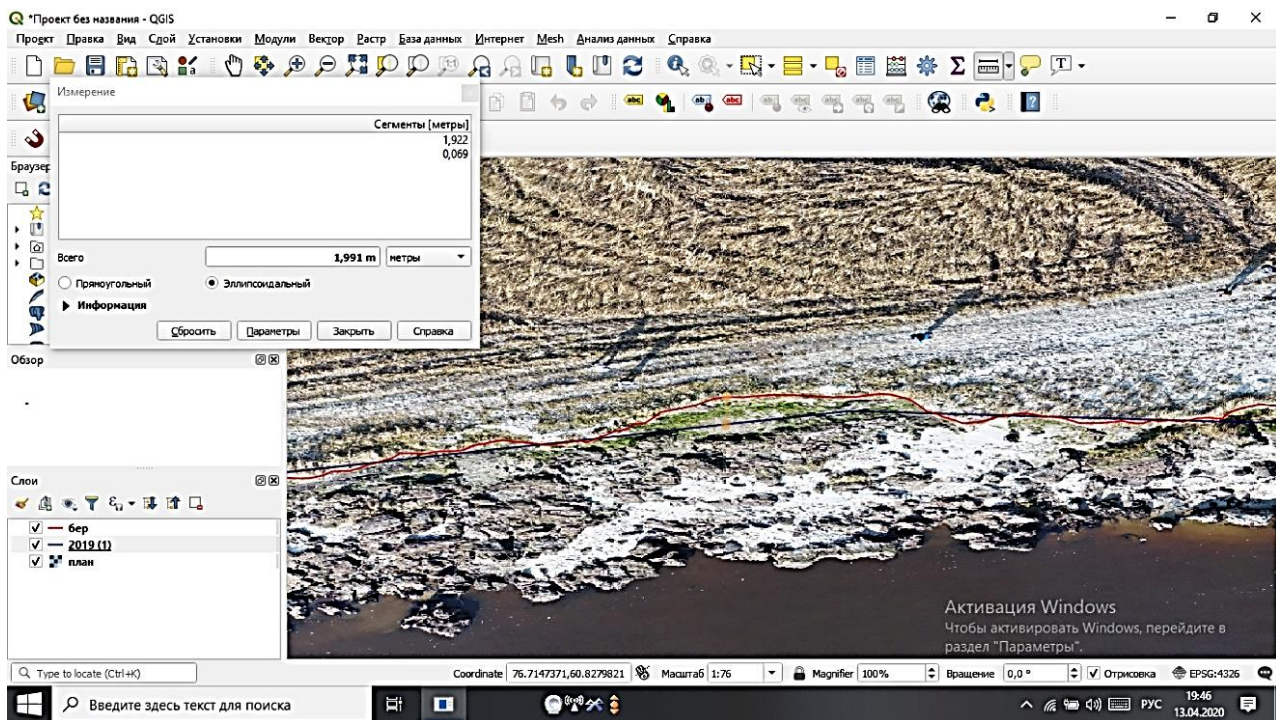


Рис. 2. Результаты сравнения полученных данных с применением спутникового позиционирования

Выгрузка каталога координат осуществлялась в системе координат WGS-84 (EPSG:4326). Произведено сравнение положения точек по долготе и широте, многие из которых близки по значению. Но именно в створах, где имеется наибольшее расхождение линий, показатели имеют значительные отклонения. Оценив визуально изображение ортофотоплана и сравнив погрешности в этих створах, становится очевидно, что наибольшую точность результатов имеет аэросъемка с беспилотного летательного аппарата, погрешность которой составляет до 1 метра. В сравнении, спутниковый приемник GNSS дал результат с погрешностью до 5 метров именно в тех створах, где имеется наибольшее расхождение с аэросъемкой. Возможно, погрешность систем спутникового позиционирования связана с режимом съемки. Кинематика требует непрерывной связи со спутником и базовым приемником на протяжении всего процесса съемки. В нашем случае это достаточно продолжительный период времени, и вероятность возникновения помех при получении сигнала приемником высока. Кроме того, сам процесс применения спутникового оборудования оказался довольно трудоемким и требующим дальнейшей последовательной обработки в различных специализированных программах. Точки с координатами подготавливаются в программе LGO, а их обработка до получения видимой ситуации



местности – в MapInfo. Это требует наложения дополнительной информации – карты района и пространственных слоев с их привязкой. В сравнении с аэрофотоснимками бровка берега, построенная по материалам космических данных 2019 г., имеет еще большие расхождения. В некоторых створах они достигают 11,5 м (рис. 3).

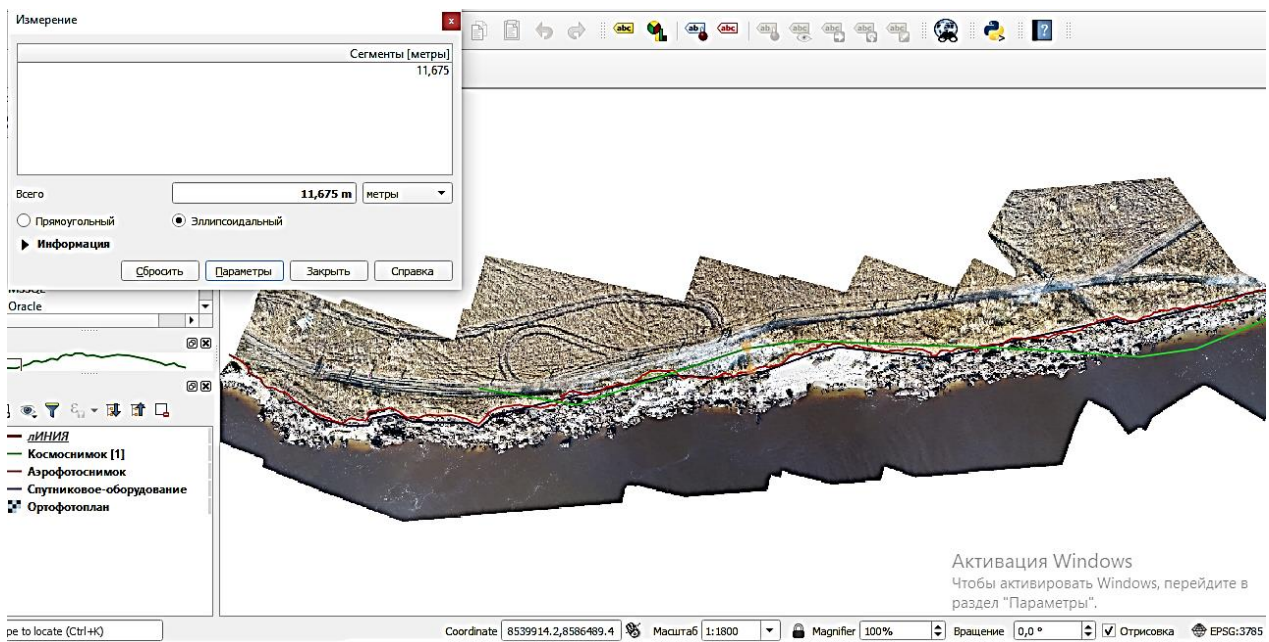


Рис. 3. Результаты сравнения положения береговой линии, полученной в результате применения: аэросъемки (красная линия), спутникового оборудования (синяя линия) и космоснимков (зеленая линия)

Получение результатов измерения по космоснимкам также отличается многоэтапностью камеральной обработки. Преимущество состоит лишь в простоте метода, не требующего дорогостоящего оборудования и необходимости выезда на местность, и неограниченном охвате площади исследуемой территории. Но, к сожалению, в отношении точности результатов измерений метод дешифрирования космоснимков уступает. Большое влияние оказывает качество самого снимка. Не всегда можно подобрать архивную съемку требуемого качества на интересующей территории. Наилучшие космоснимки имеют разрешение 30 см, что равно 1138.088 пикселей. В использованном сервисе Google Maps это снимок географической карты масштаба 1:5 000 000. В процессе поиска необходимой территории масштаб увеличивается, соответственно, с влиянием на качество изображения. Для изучаемого берега масштаб карты составил 50 м, а полученное изображение имеет разрешение 0,3 м/пикселя, это стандартный снимок 640×480 (рис. 4).

Полет квадрокоптера на высоте 50 м позволяет получить высокоточные снимки с разрешением 5.31 см/пикс, что соответствует кадру 5472×3078. Масштабирование такого снимка не оказывает значительного влияния на качество изображения. Таким образом, небольшая высота полета помогает в разы увеличить качество изображения, что играет решающую роль при дешифрировании снимка и построении линии бровки берега. Для точности построения бровки модель увеличивается в масштабе от 5 метров и меньше. На космоснимке сказалось многократное увеличение, определить бровку береговой линии

достаточно сложно (рис. 4а). Аэроснимок при увеличении масштаба, напротив, становится более четким с детальным отображением ситуации на местности (рис. 4б).



а

б

Рис. 4. Исследуемый участок в масштабе 1:5: а – на космоснимке, б – на ортофотоплане

Трехмерная цифровая модель местности дает возможность рассматривать предмет со всех сторон, что достаточно хорошо компенсирует неидеальность качественной составляющей снимков местности с травянистой растительностью. В данной работе это отмечено большим плюсом, так как природные объекты не имеют четких правильных форм, и при рассмотрении плана только из ракурса сверху не всегда удается точно определить элементы и формы рельефа из-за растительности, в результате чего возникают значительные погрешности (рис. 5). Трехмерная модель обеспечивает возможность своевременного выявления и устранения подобных ошибок, что способствует большей точности при выявлении линии бровки.

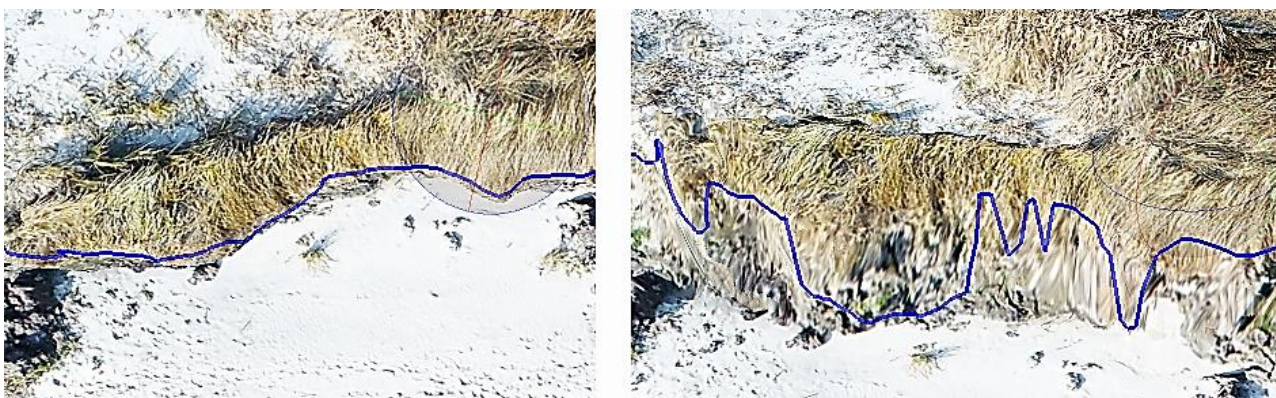


Рис. 5. Трехмерная цифровая модель исследуемого участка в ракурсе: а – сверху, б – спереди

Еще одним достоинством аэрофотосъемки с применением беспилотного летательного аппарата является возможность построения рельефа местности на карте высот. Она отражает правильность выстраиваемого объекта. Выделенные яркие спектральные тона хорошо



отображают поверхность земли, что особо актуально при дешифрировании, а построенные на основе карты глубин контуры дают полную информацию о высотах. Применение БПЛА для создания цифровой модели рельефа сотрудниками кафедры географии ТГУ в результате привело к созданию цифровой модели местности (ЦММ) с шагом сетки 0,5 м [3, с. 210]. Сейчас результаты ГИС-моделирования зон затопления используются в приложении «Паводок» Геопортала Томской области, где можно увидеть 3D-модели более 40 населенных пунктов, включая дома, инфраструктуру и текущий уровень воды, который автоматически рассчитывается ежедневно по данным ближайших гидрометрических станций [4, с. 199].

В результате проведенного анализа можно сделать вывод о том, что применение беспилотного летательного аппарата для мониторинга русловых деформаций себя оправдало в области проведения съемки с небольших высот, и данный метод можно использовать как самостоятельный для изучения локальных участков с получением данных высокой точности. Аэрофотоснимки являются источником всей необходимой информации для выполнения съемки рельефа, создания цифровой модели, создания ортофотоплана, выполнения съемки ситуации. Трехмерная модель дает возможность рассмотреть участок со всех сторон, что дает большой плюс при дешифрировании изображения, особенно для неоднородной поверхности с множеством неровностей.

### Литература

1. Зорина Е.Ф., Ковалев С.Н., Чалов Р.С., Рулева С.Н. Опасности проявления процессов, обусловленных поверхностными водами, на урбанизированных территориях // Эрозия почв и русловые процессы. М., 2010. С. 61–98.
2. Коркин С.Е., Исыпов В.А. Динамика эрозионных процессов Среднего Приобья // Цифровая география: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Пермь, 16–18 сентября 2020 г.): В 2 т. Т. 1. Пермь, 2020. С. 94–97.
3. Хромых В.В., Накаяма Д., Хромых О.В., Егорова Е.В. Компьютерное моделирование в онлайн-режиме процесса затопления населенного пункта и поиск наилучших маршрутов для эвакуации населения (на примере деревни Чёрная речка Томской области) // Геоморфология и физическая география Сибири в XXI веке: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Томск, 2020. С. 209–213.
4. Хромых В.В., Хромых О.В. Опыт применения съемок с БПЛА для моделирования зон затопления (приложение «Паводок» геопортала Томской области) // Цифровая география: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Пермь, 16–18 сентября 2020 г.): В 2 т. Т. 1. Пермь, 2020. С. 197–200.

© Коркин С.Е., Евграшина А.О., Исыпов В.А., 2020