

*Лозовой Н.М., канд. техн. наук, доц.,
Лозовая С.Ю., д-р техн. наук, проф.,
Баранова Я.Ю., студент,
Корнейчук М.А., студент*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТОЧНОСТЬ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ БЕРЕГОВЫХ ЗОН

baranova0895@mail.ru

В данной статье рассмотрено влияние метеорологических условий на точность тахеометрической съемки береговых зон. Проанализированы основные атмосферные факторы, влияющие на морфометрические характеристики береговой линии. Отмечено, что необходимо проведение дополнительных геодезических работ для введения уточняющих поправок для обеспечения паспортной точности в связи с частыми трансформациями метеорологических полей. Описана комплексная методика для уменьшения погрешностей определения превышений между пунктами съёмочного обоснования. Выявлена необходимость проведения предварительных исследований рациональных параметров съемки и введение соответствующих поправочных коэффициентов для обеспечения требуемой точности конечного результата.

***Ключевые слова:** Береговая зона, атмосферные факторы, метеорологические поля, точность, современное геодезическое оборудование, комплексная методика.*

Введение. В настоящее время существует необходимость наличия достаточно точных сведений о гидрологических характеристиках и режимах различных водных объектов, т.к. они необходимы для решения прикладных задач в области проектирования и строительства различных гидротехнических сооружений, для рационального использования водных ресурсов и мониторинга состояния береговых зон. Береговая зона представляет собой часть поверхности планеты, которая включает в себя площади, контактирующие со стороны суши и моря с береговой полосой, характеризующаяся своеобразием геологических, географических, метеорологических, энергетических, физико-химических, биологических, явлений и порождающая своеобразный стиль прибрежной хозяйственной деятельности человека [1].

Физические процессы в береговой зоне океанов, морей, озер, искусственных водоемов имеют свои особенности, которые затрагивают все составляющие геосферы – атмосферу, гидросферу, литосферу и биосферу. Береговая черта представляет собой место, где все перечисленные составляющие геосферы соприкасаются между собой, тем самым оказывая влияние друг на друга, которое, впоследствии, приводит к изменению как отдельных параметров, характеризующих их состояние, так и всей природной системы береговой зоны в целом. Размеры, географическое положение и конфигурация береговой черты водного объекта также оказывают влияние на масштабы происходящих изменений [2].

Методики учета атмосферных факторов в электронной тахеометрии. Атмосфера является одним из определяющих факторов во многих природных процессах водных объектов, таких как, величина речного стока, температура воды и т. д., что влияет на морфометрические характеристики береговой линии (происходит размыв берегов, транспорт наносов и т. д.). Атмосфера также находится под влиянием других сред. Основной причиной трансформации метеорологических полей над водным объектом является изменение подстилающей поверхности. Например, при переходе воздушного потока с суши на водную поверхность изменяется скорость ветра, чем она больше становится, тем большие трансформации вызывает [2].

На процесс и результаты измерений оказывают влияние такие атмосферные факторы, как затухание сигнала или поглощение энергии волны в атмосфере, ограничивающие дальность действия прибора, случайные флуктуации параметров волны (уменьшают отношение сигнал/шум, снижая точность измерений), рефракция (изменяет геометрический путь волны), изменение скорости распространения электромагнитной волны (увеличивает оптическую или электрическую длину пройденного пути в сравнении с его геометрической длиной). Последние два фактора влияют на результат измерения, а точность учета этих факторов влияет на точность конечного результата [3].

Необходимо отметить, что в связи с частыми трансформациями метеорологических полей возникает необходимость проведения дополни-

тельных геодезических работ, выполняемых различными методами, основные из них:

1. Комбинированный метод, предусматриваемый получение контуров местности по аэроснимкам, а рельефа – наземными методами на фотоплане береговой линии значительной протяженности с небольшими относительными превышениями местности. Данный метод съемки обусловлен тем, что снимаемая узкая полоса, окаймляющая водоем, покрыта растительным покровом, затрудняющим возможность применения стереоскопической съемки рельефа.

2. Метод фототопографической съемки, используемый для определения величин размыва берегов, а также определения скоростей и направлений поверхностных струй речных потоков. По материалам фототопографической съемки составляются специальные (регистрационные) планы динамики размыва берегов и характеристик поверхностных струй речного потока для каждого определенного техническим заданием момента наблюдения.

3. Метод топографической съемки с применением спутниковых систем. Здесь при выполнении топографической съемки следует руководствоваться инструкцией по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS (ГКИНП (ОНТА)-02-262-02).

Среди описанных методов контроля границ водных объектов следует выделить то, что все они имеют такие общие недостатки: достаточно высокая сложность выполняемых работ; значительные затраты рабочего времени; относительная высокая стоимость выполняемых работ. Однако кроме общих недостатков у каждого метода существуют свои, например: технические характеристики применяемого оборудования; разное качество исходных материалов, в том числе и от состояния геосферы; в зависимости от использованного метода можно получить разную точность полученных результатов; человеческий фактор, например уровень подготовки и другие.

Стоит отметить, что, несмотря на наличие недостатков каждого метода, актуально совершенствование существующих методов мониторинга границ водных объектов или создание новых, а так же при использовании различных вышеперечисленных методов получения данных в совокупности их использования можно прогнозировать изменение границ. Кроме того, контроль за их изменениями может осуществляться путем дистанционного зондирования или изысканиями на местности, например: геодезически [4].

Современные геодезические приборы имеют высокую точность, поэтому ошибка в определении расстояния (дальности) зависит от точности учета влияния атмосферы. В настоящее время при проведении различного рода инженерно-геодезических изысканий широко применяются электронные тахеометры, для большинства которых, паспортная точность угловых измерений составляет 1,5–3" (0,5–1,0 mgon), линейных – несколько миллиметров, что позволяет использовать данные приборы в точных инженерно-геодезических работах. Также следует учитывать, что однократного измерения высокоточным прибором может быть недостаточно, т.к. тахеометр может обеспечить паспортную точность только при учете многих факторов и введении различных поправок [5].

Непосредственно измеряемыми величинами являются: отсчет по горизонтальному кругу, отсчет по вертикальному кругу и наклонное расстояние, остальные величины (горизонтальное проложение, превышение, координаты) вычисляются. Недостаточный учет того или иного фактора влияния может привести к значительной потере точности. При линейных измерениях в наклонное расстояние тахеометром последовательно вводятся поправки за метеоданные, постоянная прибора и отражателя, после чего, расстояние приводится к горизонту. Температуру и давление записывают в прибор, но следует учитывать, что на противоположном конце линии эти параметры могут существенно отличаться [5].

Длина волны оптического излучения современных приборов находится в начале инфракрасного диапазона (800–900 нм). Необходимо учесть, что численные значения частных производных определения показателя преломления воздуха по температуре и давлению изменяются соответственно, т. е. с увеличением температуры воздуха на 1 °C на каждый километр вводят дополнительную поправку +1 мм, а с увеличением давления на 1 мм рт. ст. величина дополнительной поправки будет в 2,5 раз меньше и с противоположным знаком. Для каждого пункта наблюдения определяются температура и давление, данные параметры оказывают прямое влияние на величину уточняющих поправок при определении угла наклона. Поэтому при уточнении расстояния между двумя противоположными берегами водного объекта, измерения рекомендуется проводить многократно и при двух расположениях круга, т.к. погрешность в определении угла наклона может оказаться существенной [5].

При малых расстояниях основное влияние на точность измерений оказывает постоянная

прибора и отражателя. Современные тахеометры согласованы с отражателями таким образом, что постоянная поправка равна нулю. Если используются отражатели других изготовителей, то необходимо тщательно определить постоянную и ввести ее в прибор [5].

Таким образом, возникает задача повышения приборной точности электронных тахеометров. Известны результаты экспериментальных исследований [6], согласно которым стандартная программа учета влияния атмосферы, предусмотренная программным обеспечением тахеометра, дает удовлетворительные результаты в случае линейных измерений на однородных трассах и практически бесполезна при учете вертикальной рефракции. Геодезические измерения для исследования выполнялись на специально подготовленном полигоне на берегу р. Волга на двух наблюдательных пунктах по трем направлениям, по каждому направлению измерения выполнялись на четырех уровнях. Была разработана комплексная методика, позволяющая на порядок повысить точность учета влияния вертикальной рефракции. Для этого основную программу геодезических измерений следует дополнить измерениями вертикальных углов на дополнительных уровнях, что позволит в значительной мере ослабить влияние случайных ошибок измерения вертикальных углов; метеорологические измерения помимо обязательного измерения температуры и давления на высоте инструмента в начале дистанции следует дополнить измерениями температуры на двух дополнительных уровнях [6], [7].

Выводы. Выполненные исследования свидетельствуют об эффективности использования комплексной методики в электронной тахеометрии. При небольшом объеме дополнительных измерений погрешность определения превышений удалось снизить до нескольких миллиметров на линии длиной 728 м и до 2 см при расстоянии 1,6 км. Средняя квадратическая ошибка определения превышений составила 8 мм на 1 км дистанции. Также появилась возможность исправления превышения за влияние вертикальной рефракции в процессе измерений, при условии реализации геодезического градиентометра в едином комплексе с электронным тахеометром [6].

Однако для получения результатов с заданной точностью в соответствии со СНиПом или техническим заданием не обязательно проводить все измерения, предусмотренные комплексной методикой. Таким образом, актуальной задачей является проведение предварительных исследований рациональных параметров съемки и введение соответствующих поправоч-

ных коэффициентов для обеспечения требуемой точности конечного результата.

Несмотря на прогрессивное развитие новых областей геодезии, таких как спутниковые методы измерений и наземное лазерное сканирование, традиционные геодезические приборы – электронные тахеометры продолжают занимать не менее важное место среди геодезических приборов, поэтому методика точных угловых и линейных измерений требует дополнительных исследований для повышения точности геодезических измерений границ водных объектов с учетом метеорологических условий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Природопользование, состояние и тенденции изменений морской среды прибрежных и сопредельных районов Дальневосточных морей России. Макет прибрежно-морского кадастра. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://pacificinfo.ru/data/cdrom/kis/html/2_6_10.html (дата обращения: 8.11.2015)
2. Коробов В.Б., Завернина Н.Н., Изменчивость метеорологических характеристик в береговой зоне белого моря // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. 2009. № 1.
3. Шануров Г.А., Атмосфера и ее влияние на результаты измерения расстояний [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://vg.miigaik.ru/publication/20131025225148-8086.pdf> (дата обращения: 9.11.2015)
4. Корнейчук М.А., Лозовая С.Ю. Обоснование использования векторных топологических моделей в представлении геопространственных данных // Сборник докладов VIII международной научно - практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4 т. Т. 1. / Сост. Л.В. Брыкова, В.М. Уваров [и др.]. Старый Оскол: ООО «Ассистент плюс», 2015. С. 304
5. Зубов А.В., Зубова Т.В. Особенности точных линейно-угловых измерений электронными тахеометрами // Геопрофи. -2005. № 4.
6. Вшивкова О.В. Учет влияния атмосферы в электронной тахеометрии с использованием геодезического градиентометра // Изв. вузов. «Геодезия и аэрофотосъемка». 2010. № 3.
7. Былин И.П. Исследование рациональных условий и областей применения воздушной стереофотограмметрии на горнорудных предприятиях/Шибанов В. И., Стрельников А.В. /Промежуточный отчет по НИР 21-74, инв. № В476203,- Белгород: ВИОГЕМ, 1975.

Lozovoi N.M., Baranova Ya.Yu., Korniychuk M.A., Lozovaya S.Y.**INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON THE ACCURACY TACHEOMETRY COASTAL ZONES**

This article considers the influence of meteorological conditions on the accuracy tacheometry coastal zones. We analyzed the main atmospheric factors affecting the morphometric characteristics of the coastline. It was noted that the need for additional surveying for the introduction of clarifying amendments to ensure the accuracy of the passport in connection with the part of the transformation of meteorological fields. We describe complex technique to reduce errors in determining the elevation between points shooting justification. The necessity of carrying out preliminary studies of rational parameters of shooting and the provision of appropriate correction factors to ensure the required accuracy of the final result.

Key words: Coastal area, weather conditions, the meteorological field, accuracy, modern surveying equipment, a comprehensive methodology.

Лозовая Светлана Юрьевна, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии естествознания, научный сотрудник кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: lozwa@mail.ru

Лозовой Николай Михайлович, кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: lozwa88@mail.ru

Баранова Яна Юрьевна, студент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: baranova0895@mail.ru

Корнейчук Мария Александровна, студент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: korneichuk5@rambler.ru