

## ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕМАРКАЦИИ ТОЧКИ СТЫКА ГОСУДАРСТВЕННЫХ ГРАНИЦ

П. Бурбан

ОАО “НовгородАГП” Россия

**Ключевые слова:** демаркация границы.

Одна из главных задач независимых государств, образовавшихся при распаде СССР – территориальное размежевание и международно-правовое оформление своих границ. В настоящее время практически все эти страны выполняют работы по делимитации и демаркации государственных границ. Совершенствование геодезических, топографических и картографических технологий, являющихся одним из основных процессов демаркации, чрезвычайно актуально. Геодезическими и картографическими работами, связанными с установлением государственных границ, сегодня заняты сотни специалистов России, Украины, Беларуси, Латвии, Казахстана и др. Важным в этом процессе является определение и оформление точек стыка государственных границ. Точка стыка – географическая точка, в которой сходятся государственные границы трех государств. Точки стыка представляют собой опорные пункты, нервные узлы, сплетения. При их выборе, обозначении, определении и оформлении необходимо интегрировать интересы различных служб этих государств, обеспечить совместимость технологий, единство системы координат, технических и юридических правил оформления демаркационных документов.

Рассмотрим комплекс геодезических работ на примере определения на местности точки стыка государственных границ Российской Федерации, Республики Беларусь и Латвийской Республики. При делимитации в 90-е годы точкой стыка принято точку пересечения линий, проходящих посередине реки Зилупе (Синюха) и впадающей в нее реки Неверица.

Несколько слов об особенностях географического ландшафта района точки стыка. Это территория северо-запада Русской равнины, малообжитая, сильно заболоченная, с большим количеством рек и озер. В точке стыка рельеф равнинный с отметками 123–124 метров над уровнем моря. Водосборная площадь трудноопределимая. Как следствие долины этих рек неясно выраженные, поймы не имеют четких очертаний.

Река Зилупе (Синюха), вытекая из болот, расположенных к северо-западу от Освейского озера Беларуси, протекает через Латвию Россию, и впадает в реку Великая. Река Неверица (на некоторых картах – ручей Неверица) является притоком реки Зилупе (Синюха). Длина всего 10–12 км. В целом имеет почти прямолинейное направление коренного русла. Однако, не доходя 1,5 км до впадения в реку Зилупе (Синюха), русло принимает ярко выраженную криволинейную форму (рис. 1). За 600 метров до устья резко меняет направление с южного на восточное,

затем под углом почти 90 градусов поворачивает на север, подходя вплотную к основному руслу Зилупе (Синюха), угрожая слиянием с ней. Затем опять поворачивает на юг, пройдя около 200 метров, плавно поворачивает на север и сливается с основной рекой.

Определение точки стыка как геометрической точки пересечения линии рек требует дополнительных рассуждений. Как известно, наиболее однозначно определяемой линией реки является тальвег – линия, соединяющая геометрическое место точек самых глубоких отметок реки. Но он не всегда совпадает с фарватером и серединой реки. Вопрос определения середины усложняется при криволинейных руслах рек. В соответствии с закономерностями Л. Фарга, распределение глубин в русле равнинных рек зависит от характера очертания русла в плане. Чем больше кривизна вогнутого берега, тем больше глубина плеса (самые глубоководные участки реки). Тогда для установления истинного положения линии государственной границы необходимы серьезные гидрографические работы. Однако они могут оказаться напрасными, т.к. в период половодья линия тальвега меняется, особенно в нашем случае нечетко выраженных границ поймы, а береговые линии практически исчезают. Поэтому более рациональным является способ определения срединной или равноотстоящей линии, которой является медиана, каждая точка которой находится на равном расстоянии от противоположных берегов. Но для этого необходима твердая уверенность в длительной неизменности береговой линии. В рассматриваемом случае такой уверенности нет. Более того, как видно из рис. 1, слияние русел возможно не только в верховье, что поставит под сомнение однозначное определение точки стыка. Поэтому, несмотря на значительные трудовые и финансовые затраты, было принято решение об укреплении береговых линий и планировке местности в районе точки стыка.

Каждая из стран выполнила инженерно-строительные работы по укреплению береговых линий рек, ландшафтный дизайн и планировку местности, чтобы обеспечить установку пограничных столбов на одинаковой высоте. В результате местность изменилась до неузнаваемости и, главное, выполненный ландшафтный дизайн обеспечивает неизменность контуров береговых линий, а следовательно, самой точки стыка (рис. 2, 3).

Все инженерные работы сопровождали геодезические группы, обеспечивавшие достижения заранее оговоренных параметров (отметок, предварительных координат мест установки столбов).



Рис. 1. Гидрографическая сеть в районе точки стыка

В процессе демаркации геодезические работы выполнялись в несколько этапов:

- Создание общей геодезической сети.
- Вынос в натуру проекта расстановки пограничных столбов.
- Спутниковое определение координат пограничных столбов.
- Определение координат точки стыка.
- Топографическая съемка непосредственного района точки стыка.
- Создание демаркационной карты района точки стыка.
- Подготовка к изданию и издание итоговых документов демаркации.

Основой всех геодезических работ стала, разработанная Совместной комиссией по обозначению на местности точки стыка “Инструкция по производству геодезических, топографических и картографических работ при демаркации точки стыка государственных границ Республики Беларусь, Латвийской Республики и Российской Федерации”.

В соответствии с Инструкцией создано общее геодезическое обоснование, состоящее из трех пунктов ГГС, расположенных на территории сопредельных стран и контрольного пункта. Латвийская сторона предложила пункт из сети LatPos, белорусская – пункт 1 класса сети СГС-1, российская сторона – пункт 2 класса ГГС. Требования к пунктам общеизвестны – доступность и возможность спутниковых наблюдений. Перед выполнением геодезических работ выполнено обследование и в случае необходимости восстановление внешнего оформления и устранение естественных преград прохождения радиосигналов.

Исходные пункты национальных геодезических сетей имели координаты в разных системах и в разное время уравнивались по методикам своих стран. Пункт Российской Федерации представляет третий уровень в современной структуре государственной геодезической сети в системе координат СК-42. Пункт Беларуси – представляет СГС-1 в системе координат СК-95. Пункт Латвийской Республики входит в состав сети базовых станций GPS, система координат LKS-92. При этом первые пункты отнесены к



Рис. 2. До благоустройства



Рис. 3. После благоустройства

эллипсоиду Красовского, а последний – к эллипсоиду WGS-84. Отметки исходных пунктов имели значения в Балтийской системе высот 1977 г. Целью создания геодезической сети было создать своего рода локальную геодезическую опорную систему, которая обеспечит, прежде всего, определение координат пограничных столбов и точек стыка с необходимой точностью, и будет гарантом неизменности и однозначности всей инфраструктуры пограничного знака на стыке трех государств. Чтобы исключить влияние на последующие измерения случайных и систематических погрешностей национальных сетей, создание общей сети выполнено в три этапа:



Рис. 4. Установленные пограничные столбы РФ, ЛР и РБ

- апробирование спутниковой аппаратуры трех стран на предмет ее совместимости;
- одновременные спутниковые измерения на исходных пунктах;
- совместное уравнивание всех имеющихся данных.

Спутниковые измерения выполняли одновременно три группы специалистов. Перед совместными геодезическими измерениями выполнена проверка совместимости приборов путем создания в районе точки стыка контрольной точки, закрепленной специальным центром на глубину 0,5 м. Спутниковые измерения производились тремя комплектами геодезической спутниковой двухчастотной аппаратуры фирмы Topcon GB 500 и Leica 1200 GNSS.

Приборы прошли аттестацию на пригодность их использования для измерений. Всеми приемниками выполнены определения координат и высот контрольной точки. Измерения выполняли в течение двух часов каждым из приборов исполнители трех стран.

Измерения на исходных пунктах трех стран выполнялись лучевым (статическим) методом продолжительностью 40 минут.

Перед измерениями установлены параметры:

- интервал для записи данных – 15 с;
- минимальный угол спутника над горизонтом – 10°;
- минимальное число регистрируемых спутников – 4.

Уравнивание координат выполнено с помощью программного обеспечения Topcon Tools 7.1 и Leica Geo Office 7.0. Средняя квадратическая погрешность определения координат контрольной точки составила ±0,02 м в плановом отношении, при допуске 0.15 м. и ±0,03 м в высотном, при допуске 0.30 м.

В результате спутниковых наблюдений и уравнивания получены геодезические координаты общей геодезической сети в единой системе координат WGS-84, т. е. создана система геодезического обеспечения для определения с достаточной точностью координат пограничных столбов.

Один из важнейших моментов – вынос в натуру проекта расстановки пограничных столбов пограничного знака. Геодезические рабочие группы определили не только плановое местоположение временных вех, но и зафиксировали необходимый уровень земляных работ с целью достижения единой отметки в местах установки пограничных столбов государств (рис. 4). Каждая из стран выполнила установку пограничных столбов на ранее определенных местах.

Точка стыка на местности обозначена специальным пограничным знаком, состоящим из трех четырехгранных равновысоких пограничных столбов. На каждом из столбов изображены гербы своих стран, надпись государства и “Неверица” на национальных языках.

После установки пограничных столбов определены их координаты и высоты. Измерения выполняла каждая из стран по своим методикам с использованием пунктов общего геодезического обоснования. Спутниковые приемники использовались те же, что и для создания ОГО.

Геодезическая группа ЛР в качестве корректирующей RTK-информации использовала спутниковую сеть постоянно действующих станций “LatPos” под управлением программного обеспечения Leica SNSS

Spider. Антенну размещали на верхней части столба с помощью специального приспособления. Измерение высоты антенны относительно основания столба, запуск аппаратуры, инициализация, ввод высоты антенны и запуск приема RTK-поправок, непосредственное измерение выполняли до индикации фиксированных значений требуемой точности (рис. 5, б). Процесс повторялся трижды, затем выполнялись необходимые вычисления для получения соответствующих значений.

Российская группа выполняла спутниковые измерения координат пограничного столба РФ лучевым (статистическим) методом, используя четыре комплекта аппаратуры Leica 1200 GNSS (рис. 5, а). Развертывание аппаратуры одновременно выполнялось на исходных пунктах и возле пограничного столба. Для всех приемников установлены общие параметры: интервал регистрации данных – 15 секунд, угол регистрируемого спутника над горизонтом – 10 градусов. Используя мобильную связь, исполнители на разных исходных пунктах докладывали руководителю о готовности. Уравнивание выполнялось с использованием программы Leica Geo Office (LGO) ver.7.0 в СК WGS-84, с последующим введением параметров UTM 35-й зоны и подгруженной модели геоида.

Белорусская группа определение координат пограничного столба выполняла комплектами приемников фирмы Topcon GB 500, антенна PG-A1. В качестве исходных использовали пункты ОГО и один пункт LatPos. Спутниковая аппаратура разворачивалась возле пограничного столба РБ, с установкой антенн на все исходные и определяемый пункт (рис. 5, в). Связь между исполнителями осуществлялась по мобильному телефону. Сеанс измерений длился не менее часа с сохранением результатов во внутренней памяти приемников. Уравнивание выполнялось с использованием программы в СК WGS-84, с введенными параметрами проекции UTM 35-й зоны и подгруженной моделью геоида.

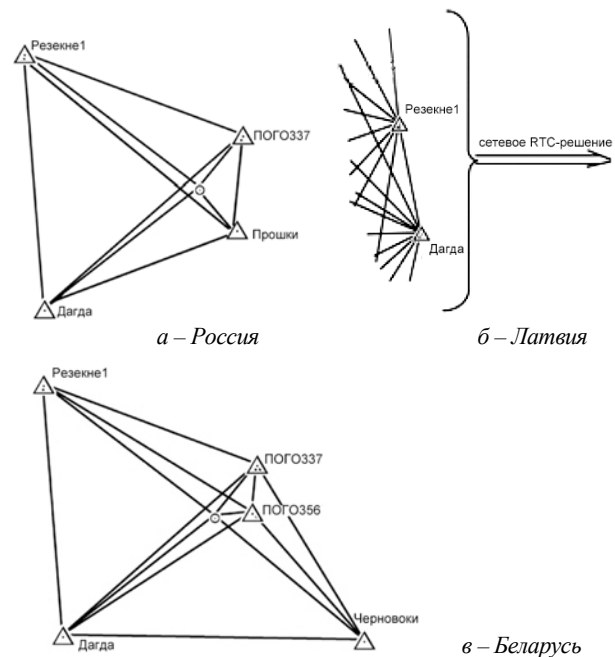


Рис. 5. Схемы спутниковых определений координат пограничных столбов



Результаты уравнивания показали высокое качество наблюдений и надежность ОГО.

**Средние квадратические погрешности  
определения координат пограничных столбов  
тремя группами**

Страна	СКП X, м	СКП Y, м	СКП H, м
Россия	±0.017	±0.013	±0.032
Беларусь	±0.015	±0.011	±0.033
Латвия	±0.016	±0.011	±0.021

Определение координат непосредственно точки стыка выполнено комбинированным методом (рис. 6). Используя результаты спутниковых наблюдений, непосредственных измерений расстояний мерными лентами, решая прямые и обратные геодезические задачи, определили координаты точки стыка государственных границ.

Расстояние между пограничными столбами вычисляли по формуле:

$$S_{i-n} = \sqrt{(X_i - X_n)^2 + (Y_i - Y_n)^2}$$

дирекционный угол направления между столбами – по формуле:

$$\alpha = \arctg \left( \frac{Y_i - Y_n}{X_i - X_n} \right).$$

Координаты точек 1, 3, 4, 5, 6, 8 вычисляли по формулам:

$$X_1 = X_i + S_{1-i} \cos \alpha_{1-i}$$

$$Y_1 = Y_i + S_{1-i} \sin \alpha_{1-i}$$

и т.д., где  $X_i, Y_i$  – координаты центров пограничных столбов, определенные спутниковыми методами;  $\alpha_{1-i}$  – дирекционные углы направлений между пограничными столбами, вычисленные по этим измерениям;  $S_{1-i}$  – непосредственно измеренные на местности расстояния от пограничных столбов до точек береговых линий.

Координаты точек 1 и 3 вычисляли по измеренным расстояниям от ПС ВУ до этих точек и дирекционным углам. Координаты точек 6 и 8 соответственно от ПС RU, а точек 4 и 5 – ПС LV. Координаты точек А, С и D вычисляли как срединные точек 1-8, 3-4 и 5-6. Методом спутниковых измерений определены координаты точек 2 и 7, а затем вычислены координаты точки В. По координатам линий АВ и CD



Рис. 6. Схема определения координат точки стыка

Одним из основных документов, прилагаемых к Протоколу-описанию точки стыка (главный итоговый документ), является демаркационная карта. Карта составлена в системе координат WGS-84, проекции определены координаты точки их пересечения, которая и является точкой стыка границ. Контроль полученных координат выполнен по материалам топографического плана масштаба 1:500. UTM и Балтийской системе координат 1977 года. Карта компоновки включает в себя топографическую карту масштаба 1:10 000, размером 130x140 мм и топографический план масштаба 1: 500, размером 10x10 мм. Карта масштаба 1:10 000 создана стереометодом с использованием цифровых фотограмметрических комплексов и ПО "Digitals". Аэрофотосъемка выполнена камерой ADS40 с использованием GPS наблюдений в момент фиксации. Высота фотографирования равна 4 000 м, пиксель 0,4 мм. ЦФС и ПО "Digitals" позволяет автоматизацию всех фотограмметрических процессов. Редактирование цифровой векторной информации позволяет получить издательский оригинал. Контроль точности планового и высотного положения выполнено по материалам крупномасштабного плана.

План масштаба 1:500 выполнен непосредственно на местности методами тахеометрической съемки с использованием электронных тахеометров и GPS-приемников. На карте сплошные горизонталы проведены через 2,0 метра, на плане – через 0,5 метра. Формат геоизображений расположен таким образом, что точка стыка находится на пересечении диагоналей углов рамок трапеций. Сама точка стыка, не имеющая физического закрепления на местности, на карте и на плане изображена пунсоном красного цвета, диаметром 2,0 мм. Создание фрагмента в столь крупном масштабе (1:500) вызвано особыми условиями местности.

Издательский оригинал карты отпечатан на цветном лазерном принтере в цветовой шкале на картографической бумаге плотностью 100г/м<sup>2</sup>. Таким же способом оформлены и все остальные итоговые документы.

Все документы, в том числе демаркационная карта, составлены в трех экземплярах, каждый на русском, белорусском и латышском языках, причем все три имеют одинаковую силу. Демаркационная карта, протокол-описание, прокол специального пограничного знака и большинство приложений оформлены по правилам альтерната.

Комплект итоговых документов состоит из "Протокола-описания точки стыка государственных границ Российской Федерации, Республики Беларусь и Латвийской Республики" и таких приложений:

Приложение 1. Демаркационная карта района стыка границ РФ, РБ и ЛР.

Приложение 2. Протокол специального пограничного знака.

Приложение 3. Чертежи пограничных столбов.

Приложение 4. Изображения государственных гербов стран.

Приложение 5. Фотографии пограничных знаков.

Приложение 6. Методика определения координат точки стыка.

Приложение 7. Список координат и высот пунктов ОГО.

Приложение 8. Схема геодезической сети.

Демаркация завершилась подписанием этих документов руководителями совместной Комиссии. Подписание итоговых документов состоялось 6 декабря 2012 года в городе Несвиж (Белоруссия), в гербовом зале замка князей Радзивилов.

### Литература

1. Архипов А.И. Установление и содержание государственной границы Республики Беларусь (1991–2010 гг.) / А.И. Архипов. – Орша, 2011. – 264 с.
2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2-х т. / К.М. Антонович. – М.: ФГУП “Картгеоцентр”, 2005. – 692 с.
3. Бурбан П.Ю. Делимитация точки стыка государственных границ России, Беларуси и Латвии / П.Ю. Бурбан // Геодезия и картография. – М., 2001. – № 1. – С. 54–58.
4. Бурбан П.Ю. Демаркация российско-латвийской границы / П.Ю. Бурбан // Вестник Росреестра. – 2010. – № 1(3). – С. 39–42.
5. Бурбан П.Ю. Опыт использования спутниковых технологий и данных дистанционного зондирования Земли при демаркации государственной границы / П.Ю. Бурбан // Земля Беларуси. – 2012. – № 3. – С. 7–9.
6. Основные положения по топографо-геодезическому и картографическому обеспечению демаркации государственной границы Российской Федерации. – М.: Роскартография, 2003. – 12 с.
7. Практическое руководство по отображению динамики гидрографической сети на топографических картах. – М.: ЦНИИГАиК, 1988. – 155 с.
8. Руководство пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 года, ГКИНП (ГНТА)-06-278-04. – М.: ЦНИИГАиК, 2004. – 136 с.
9. Руководство по Всемирной геодезической системе (WGS-84). – М.: ИКАО, 2002. – 98 с.

### Геодезичне забезпечення демаркації точки стыку державних кордонів

П. Бурбан

Розглянуто проблеми геодезичного забезпечення при демаркації точок стыку державних кордонів. Наведено методи синхронізації дій і прийомів трьох держав при створенні спільного геодезичного обґрунтування та визначення координат точки стыку в єдиній системі. Описано технології створення демаркаційних карт, підсумкових демаркаційних документів, їх оформлення і надання юридичного статусу.

### Геодезическое обеспечение демаркации точки стыка государственных границ

П. Бурбан

Рассмотрены проблемы геодезического обеспечения при демаркации точек стыка государственных границ. Приведены методы синхронизации действий и приемов трех государств при создания общего геодезического обоснования и определения координат точки стыка в единой системе. Описаны технологии создания демаркационных карт, итоговых демаркационных документов, их оформление и придание юридического статуса.

### Geodetic support demarcation point joint borders

P. Burban

The problems of geodetic support the demarcation point joint borders. The methods of synchronizing the activities and techniques of three states with a common geodetic and positioning points of the joints in a single system. Describes the technology of demarcation maps, the final demarcation of documents, their appearance and giving legal status.



24-26 квітня 2013 року  
Львів-Яворів, Україна

# ГЕОФОРУМ-2013

18-та Міжнародна науково-технічна конференція