

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

УДК 622: 528.063.1

DOI: 10.21440/0536-1028-2024-4-136-146

Определение местоположения границы участка недр в системе координат ГСК-2011

Акулова Е. А.¹¹ Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия
e-mail: geodezia_a@mail.ru

Реферат

Актуальность. При оформлении документации на право пользования недрами для обеспечения согласования координатных систем и приведения сведений об участке недр к виду, позволяющему внести сведения о границе участка недр в федеральные и ведомственные фонды, системы координатного описания требуют уточнения. Необходимость уточнения связана с введением ГСК-2011 и корректным преобразованием координат характерных точек границы участка недр в другие координатные системы в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Методы исследования. Применение методов сравнительно-правовых исследований в отношении Российского законодательства и нормативно-технических источников в области недропользования позволяет интерпретировать и конкретизировать основные принципы и требования координатного описания участка недр при оформлении разрешительной документации на пользование недрами.

Результаты. Для обеспечения достоверности данных о местоположении объектов в системе координат ГСК-2011 и местных системах возникает необходимость преобразования координат с использованием датумов и параметров преобразования. Ключевую роль в этом процессе играет установление исходной системы геодезических координат. Для корректного преобразования координат в систему ГСК-2011 определена схема пересчета координат с учетом особенностей отсчетных поверхностей и принципа формирования координатных систем.

Выводы. Процедура преобразования координат из геодезической системы ГСК-2011 в прямоугольную региональную систему координат по системе утвержденных параметров согласно законодательству требует установления местных систем координат в картографической проекции общего земного эллипсоида, принятого в качестве референционного с 2021 г.

Ключевые слова: горный отвод; системы координат; датум; референцный эллипсоид; система координат ГСК-2011; параметры преобразования; координатные системы; местные системы координат; цифровая трансформация.

Актуальность. Прежде чем приступить к разработке месторождения полезного ископаемого, необходимо оформить право на пользование недрами. Порядок предоставления участка недр для разработки регламентируется Федеральным законом «О недрах» («О недрах», Закон Российской Федерации от 21 февраля 1992 г. № 2395-1). Оформление разрешительной документации включает процедуру формирования границы объекта недропользования и внесения сведений о ее местоположении в фонды пространственных данных в соответствии с законодательством Российской Федерации с учетом того факта, что участки недр, предоставляемые для разработки полезных ископаемых, являются и объектами землеустройства.

Ведение фондов осуществляется на основе принципов единства технологии на всей территории Российской Федерации, в связи с этим помимо обеспечения достоверности сведений должна быть обеспечена совместимость пространственных данных со сведениями, содержащимися в разных государственных информационных ресурсах. Для обеспечения информационного взаимодействия фондов разного рода особое значение имеет система координат описания местоположения объектов.

Результаты. В соответствии с ФЗ № 431 («О геодезии, картографии и пространственных данных», Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2015 г. № 431) координаты и высоты пространственных объектов являются результатом выполнения геодезических работ. Данное требование распространяется и на объекты недропользования. Разрешительная документация на право пользования недрами предписывает определение географических и прямоугольных координат, в общем случае без уточнения конкретных координатных систем. Речь идет о форме представления координат (в случае географических координат – широта и долгота, для прямоугольных – абсцисса и ордината точки), тогда как для внесения сведений в информационные системы требуется определить координаты в конкретной координатной системе, как правило, национальной (государственной) или местной региональной (местной системе координат (МСК) субъекта Российской Федерации) [1].

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации («Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы», Постановление Правительства Российской Федерации № 1240 от 24 ноября 2016 г.) с 1 января 2021 г. на территории Российской Федерации при осуществлении геодезических и картографических работ устанавливается геодезическая система координат 2011 г. (ГСК-2011), требующая согласования с координатными системами, применяемыми ранее.

Помимо координатного описания объектов недропользования в едином фонде геологической информации о недрах представлены карты геологического содержания, которые являются одним из видов специальных карт. В соответствии с Приказом Минэкономразвития России от 29 марта 2017 г. № 143 специальные карты создаются в государственных и местных системах координат. Данное требование однозначно определяет систему ГСК-2011 для описания местоположения границы и также требует согласования картографических материалов с другими координатными сетками.

Координатное описание границ объектов недропользования осуществляется на этапах подготовки лицензии на право пользования недрами и описания горного отвода. Предварительные границы горного отвода устанавливаются при предоставлении лицензии на пользование недрами, тогда как уточненные границы горного отвода определяются после подготовки и согласования в установленном порядке технического проекта разработки месторождений полезных ископаемых или технического проекта строительства и эксплуатации подземных сооружений (ФЗ «О недрах»). Очевидно, что в том и в другом случае должна быть использована одна и та же система координат. На практике, при оформлении лицензии на право пользования недрами упоминания о конкретной системе координат нет, поскольку схема расположения участка недр не является специальной картой и не попадает под действие ФЗ № 431. В то же время, состав вложенных атрибутов элемента «Сведения об исключаемых областях» требует предоставить описание границ исключаемого участка в геодезической системе координат ГСК-2011. В случае обеспечения требований к содержанию проекта горного отвода отмеча-

ется необходимость соответствия координатного описания границ требованиям ФЗ № 431. Формы горноотводных документов содержат ведомости координат в двух видах (прямоугольных и географических) с обязательным указанием системы координат. Как было отмечено ранее, в случае использования географических координат применяется государственная геодезическая система ГСК-2011, для прямоугольных координат должно быть указание на местную региональную систему координат (например, МСК-66, зона 1).

Согласование координатных систем необходимо и на уровне картографических фондов. Как правило, при формировании участка недр используются геологические карты и схемы, привязанные к соответствующей топографической карте. Геодезической основой любой топографической карты являются принятый для картографической проекции референцный эллипсоид, принятая система геодезических и прямоугольных координат и система высот [2]. Следует заметить, что обеспеченность картографическим материалом с координатной сеткой в системе ГСК-2011 на сегодняшний момент недостаточная, поэтому при формировании границы координаты, как правило, определяются картометрическим путем в геодезических системах координат СК-42 и СК-95, отнесенных к референцному эллипсоиду Красовского.

Еще одним источником информации при формировании границы являются координаты скважин и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), определенные в общеземных системах координат WGS-84 или ПЗ-90.11. Координаты в этих системах отнесены к разным эллипсоидам, имеют различные значения.

В том и другом случае требуется выполнить преобразование исходной информации в систему координат ГСК-2011.

Описание границы объекта недропользования производится в двух системах координат. Как правило, одна из систем координат описывает положение точки на эллипсоиде (геодезическая широта и долгота B и L , которые характеризуют направление нормали к поверхности референцного эллипсоида в данной точке пространства относительно плоскостей экватора и начального меридиана) [3, 4], другая – на плоскости в проекции Гаусса с местной координатной сеткой [5]. Местные системы координат субъектов РФ вводятся в соответствии с Приказом № 467 («Об утверждении требований к составу, структуре, порядку ведения и использования единой электронной картографической основы федерального, регионального и муниципального назначения», Приказ Министерства экономического развития РФ от 24 декабря 2008 г.) с целью совместимости пространственных данных для описания объектов.

Задача пересчета координат из одной системы в другую решается однозначно в двух случаях. Во-первых, если установлены точные параметры преобразования (ключи), во-вторых, если есть точное описание параметров системы координат (датум).

Для корректного решения задачи преобразования координат необходимо учитывать методологию. Необходимо учесть, что государственные системы координат могут быть геоцентрические (системы координат, отнесенные к общеземным уровненным эллипсоидам, таким как WGS-84 и ПЗ-90.11) и референцные (эллипсоидальные или прямоугольные, отнесенные к принятому референцному эллипсоиду). Геоцентрические геодезические мировые системы координат имеют параметры, включающие: начало отсчета в точке геометрического центра масс Земли, параметры эллипсоида вращения с конкретными геометрическими и физическими величинами и гравитационную модель Земли. Все параметры определяются на конкретную эпоху и постоянно уточняются [3]. Параметры референчных систем координат в нашей стране установлены Постановлением правительства РФ № 1240.

Осуществление связи между координатными геоцентрическими системами реализуется с учетом датумов, которые в свою очередь зависят от параметров эллипсоидов и их ориентирования в теле Земли. Неверный выбор датума приводит к значительным ошибкам пересчета координат (от десятков до сотен метров).

Пересчет координат из одного датума в другой выполняется по параметрам преобразования (рис. 1), включающим угловые параметры ориентирования осей координатных систем, линейные параметры, характеризующие несовпадение центров систем, и масштабный коэффициент, зависящий от полярного сжатия эллипсоидов. Эти параметры устанавливаются в соответствии с нормативными документами. Пример преобразования координат точек в соответствии с установленными датумами представлен на рис. 1.

Значения геодезических координат в системах ГСК-2011 и WGS-84 имеют одинаковые значения, поскольку ГСК-2011 представляет собой геоцентрическую систему координат, по принципам ориентировки в теле Земли идентичную Международной земной опорной системе координат ITRF, установленной в соответствии с рекомендациями Международной службы вращения Земли (IERS) [6–9]. За отсчетные поверхности в системах координат ГСК-2011 и WGS-84 принимаются общие земные эллипсоиды (ОЗЭ) с близкими параметрами (рис. 1).

Преобразование координат из одной референцной геодезической системы в другую не вызывает затруднений, поскольку датумы известны, определены на законодательном уровне и реализованы в программных продуктах и геоинформационных системах (ГИС). При преобразовании координатных систем используются разные методы, в основу которых положены алгоритмы уравнивания параметров преобразования [10, 11].

Процедура координатного описания горного отвода в прямоугольной системе координат связана с преобразованием географической (геодезической) системы в прямоугольную местную систему субъекта РФ. В связи с введением геодезической системы координат ГСК-2011 возникают проблемы с определением параметров такого преобразования. Данная проблема появляется не только при установлении границы участка недр, но и при решении других задач, связанных с необходимостью описания объектов в разных системах координат для согласования реестров, картографических материалов и т. д. [12–14].

До введения системы координат ГСК-2011 в качестве референцного эллипсоида использовался эллипсоид Красовского. Современные местные системы координат созданы в системе координат 1942 г. Переход от государственных прямоугольных систем координат СК-42 и СК-95 к местным системам осуществляется с использованием параметров перехода (ключей) [15]. Параметры перехода учитывают параметры проекции Гаусса для вычисления плоских координат в МСК (сдвиги МСК по осям абсцисс X_T , ординат Y_T), масштабный коэффициент на принятом осевом меридиане, значение долготы осевого меридиана местной системы координат или угол между осевыми меридианами государственной системы координат и местной системы координат γ , значения абсциссы и ординаты центра системы в местной системе координат N_0 , E_0 (рис. 2). По такому принципу на территории Российской Федерации было введено несколько тысяч местных систем координат, в том числе система координат 1963 г., которая представляет собой отдельные блоки, в каждом из которых вводится своя местная система координат. В дальнейшем на основе системы координат 1963 г. разработаны и в настоящее время применяются местные системы координат субъектов Российской Федерации (региональные местные системы координат).

The screenshot displays the CREDO TRANSKOR software interface for coordinate transformation. It features a menu on the left, a central 3D diagram, and two data tables on the right.

Menu:

- Эллипсоиды
- Датумы
- Системы координат
- Системы высот
- Вертикальная коррекция
- NTv2 сетки
- Геоиды
- Преобразования координат
- Сервера веб карт
- Шаблоны подписей
- Шаблоны экспорта элементов

3D Diagram: Shows two coordinate systems, X, Y, Z and X', Y', Z' , with rotation angles $\omega_X, \omega_Y, \omega_Z$ and displacement vectors $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$.

Parameter Tables:

Имя	Значение	Параметр	Значение
СК-42 (ГОСТ 32453-2017)	СК-42 (ГОСТ 32453-2017)	Имя	WGS-84
Казовский 1940	Казовский 1940	эллипсоид	WGS 1984
Бурса-Вольфа	Бурса-Вольфа	метод	Бурса-Вольфа
1,000000220000	1,000000220000	м, М	1,000000000000
0°00'00,00000000"	0°00'00,00000000"	$W_x, ^\circ$	0°00'00,00000000"
0°00'00,35000000"	0°00'00,35000000"	$W_y, ^\circ$	0°00'00,00000000"
0°00'00,79000000"	0°00'00,79000000"	$W_z, ^\circ$	0°00'00,00000000"
-23.5700	-23.5700	D_x	0,0000
140.9500	140.9500	D_y	0,0000
79.8000	79.8000	D_z	0,0000

Имя	$V, ^\circ$	$L, ^\circ$	Не, М
1	56°39'41,53"	60°28'42,52"	60°28'37,57"
2	56°39'45,29"	60°29'03,01"	60°28'58,06"
3	56°39'33,15"	60°29'07,25"	60°29'02,30"
4	56°39'29,59"	60°29'01,79"	60°28'56,84"

Рисунок 1. Преобразование координат с использованием датума (из программы CREDO TRANSKOR)
 Figure 1. Coordinate transformation using datum (software CREDO TRANSKOR)

В связи с этим плоские прямоугольные координаты в местной системе координат x_m, y_m однозначно соответствуют прямоугольным государственным координатам X, Y в проекции Гаусса, а они в свою очередь координатам B, L в государственной геодезической системе координат 1942 г.

В случае исходных координат B, L в геодезической системе СК-42 процесс преобразования включает пересчет координат в систему плоских прямоугольных координат X, Y , с использованием математического аппарата картографической проекции Гаусса. Дальнейшие вычисления сводятся к преобразованию в региональную систему координат по системе параметров (ключей). Если исходные координаты были определены в системе WGS-84, то на первом этапе преобразований необходимо выполнить пересчет в геодезическую систему координат 1942 г. В связи с введением государственной геодезической системы координат ГСК-2011, которая является конечным результатом описания границы объекта недропользования, процесс преобразования использует датумы для систем координат СК-42, ГСК-2011, WGS-84 (рис. 3).

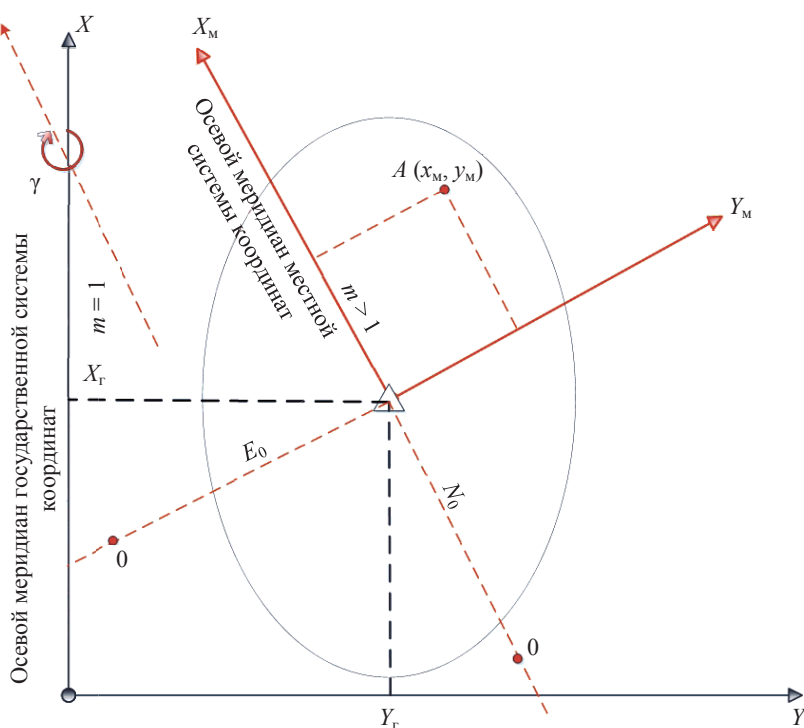


Рисунок 2. Параметры преобразования в местную систему координат
Figure 2. Parameters of transformation into the local coordinate reference system

Очевидно, что при использовании датумов и параметров преобразования координат выбор исходной системы оказывает существенное влияние на результат пересчета из одной координатной системы в другую. Нарушение последовательности пересчета координат приводит к недостоверности сведений, передаваемых в фонды пространственных данных.

Выводы. Следует отметить, что в соответствии с Приказом № П/0387 («Об утверждении порядка установления местных систем координат», Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 20 октября 2020 г.) с 1 января 2021 г. местная система координат устанавлива-

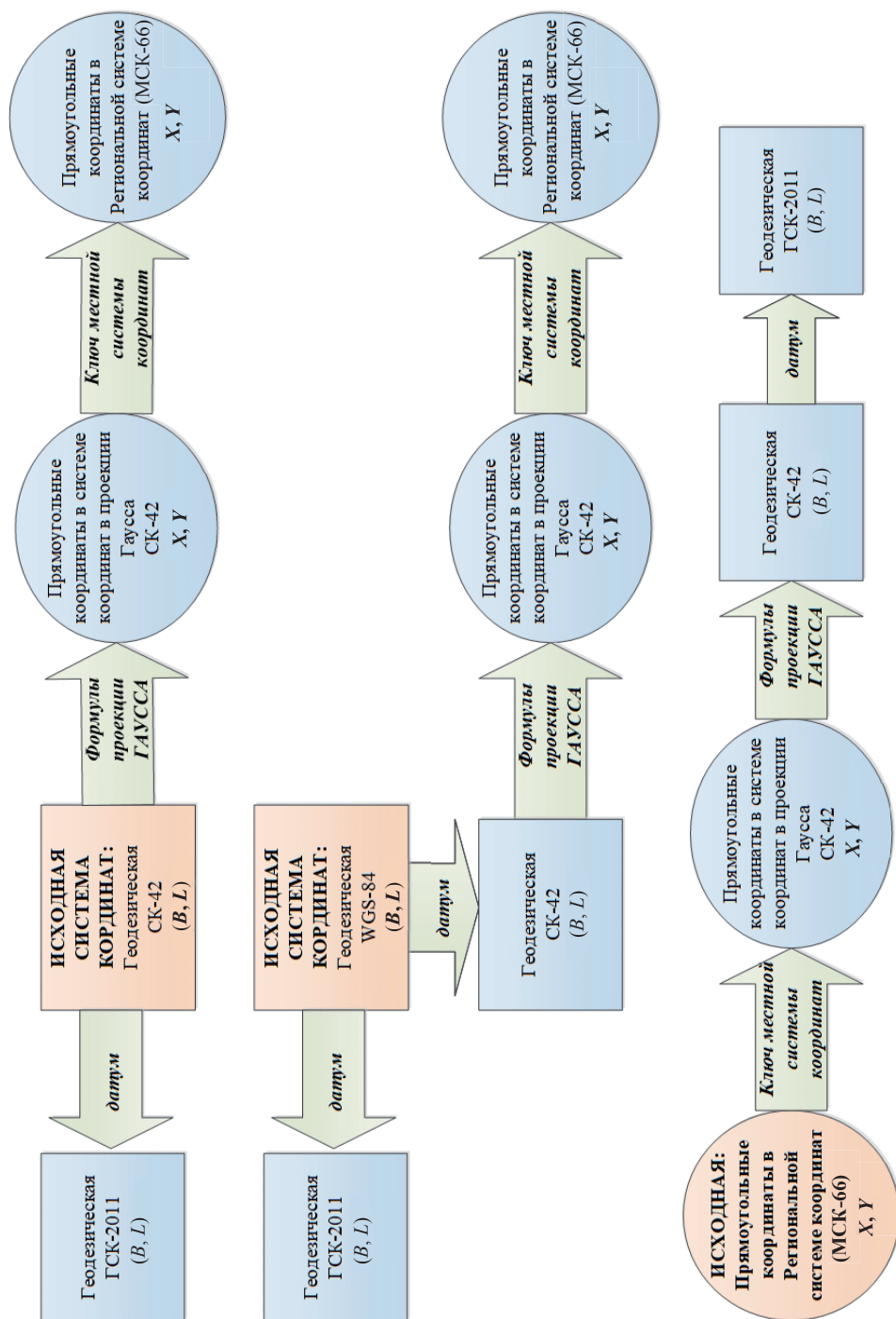


Рисунок 3. Схемы вычисления координат с использованием датумов и ключей местных систем координат
 Figure 3. Schemes of coordinate calculations using datums and transformation parameters of local coordinate reference systems

ется в 3-градусной или 6-градусной зонах картографической проекции общего земного эллипсоида, применяемого в государственной геодезической системе координат 2011 г. (ГСК-2011). В связи с этим, исходной координатной системой для формирования местных систем координат является прямоугольная система координат в плоскости картографической проекции в отношении отсчетного общеземного эллипсоида геодезической системы координат ГСК-2011. В настоящее время параметры перехода от ГСК-2011 к местным региональным системам координат не определены, как не определены и параметры самих региональных систем координат (рис. 4). На текущий момент данный факт делает преобразование координат из геодезических (ГСК-2011) в местные прямоугольные системы невозможным. Преобразование геодезических координат из системы ГСК-2011 в местные региональные системы, отнесенные к референционному эллипсоиду Красовского, может быть осуществлено только последовательным преобразованием координат в соответствии со схемой (рис. 3). При реализации данной процедуры необходимо учесть, что каждый этап преобразования приводит к понижению точности определения координат.

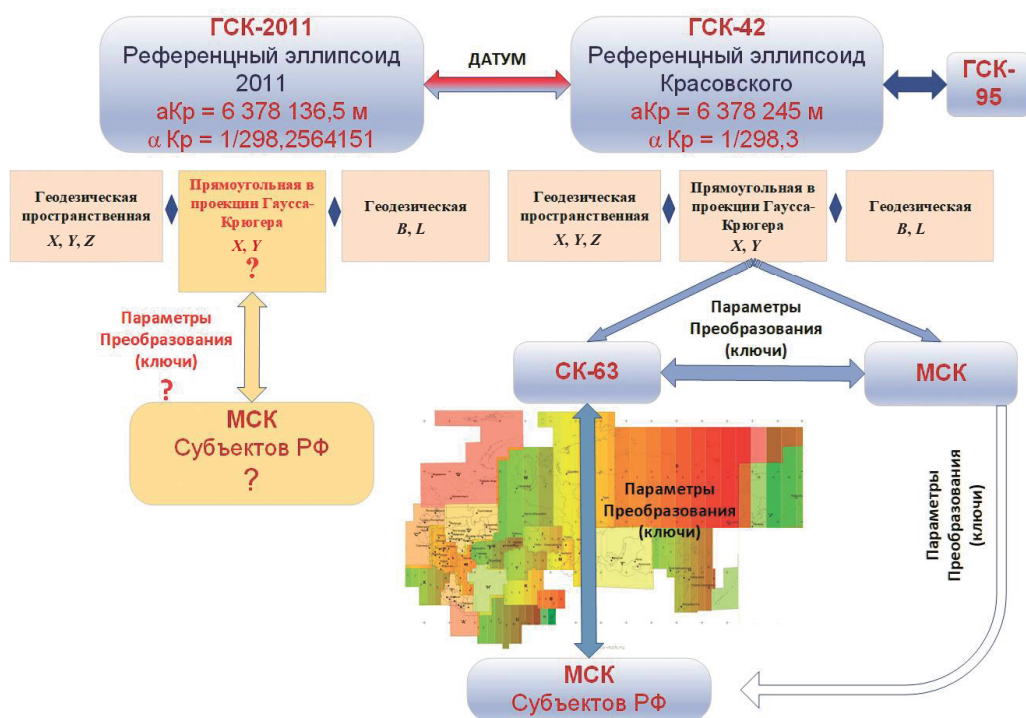


Рисунок 4. Схема взаимосвязи координатных систем
Figure 4. Scheme of coordinate reference systems interrelation

В настоящее время вследствие неопределенности местных систем координат возникают проблемы соответствия описания границ горного отвода требованиям Российского законодательства в области недропользования.

Стоит отметить, что на достоверности координатного описания пространственных объектов, в том числе объектов недропользования, базируется геодезическая и картографическая основы региональной геоинформационной системы Свердловской области, запущенной в тестовую эксплуатацию Министерством цифрового развития и связи Свердловской области. Цифровая трансформа-

ция региона должна базироваться на достоверной картографо-геодезической информации. По мнению министра цифрового развития и связи Свердловской области Михаила Пономарькова: «Благодаря созданию геоинформационной системы в Свердловской области появился инструмент, который сформирует единое, полное, непротиворечивое информационное пространство. Органы государственной власти и органы местного самоуправления, физические и юридические лица будут обеспечены необходимыми пространственными данными и информационной поддержкой процессов принятия решений» [16].

Единое координатное пространство, обеспеченное государственной системой координат ГСК-2011 и координатными системами, имеющими в своей основе ГСК-2011, позволит вносить в геоинформационную систему результаты научных работ по экологическому мониторингу и техногенному состоянию горнодобывающих регионов [17], выполнять геодинамическое районирование территории [18]. Возможность единого картографического описания объектов позволит объединить базы данных ведомственных фондов для бизнес-проектов инвестиционной деятельности и комплексного развития территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акулова Е. А. Определение координат при описании границ горного отвода // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: сб. докл. VII Междунар. науч.-техн. конф. в рамках Уральской горнопромышленной декады. Екатеринбург, 2018. С. 476–483.
2. Клепко В. Л., Коновалов В. Е. Системы координат в геодезии (к 90-летию со дня введения в СССР системы плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера) // Известия вузов. Горный журнал. 2018. № 3. С. 107–111. DOI: 10.21440/0536-1028-2018-3-107-111
3. Ознамец В. В., Цветков В. Я. Координатное геодезическое обеспечение: связь между приведенной и геодезической широтой // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2018. № 6(10). С. 8–14.
4. Попрыгин В. А., Третьяков В. И. ГСК-2011. Проблема перехода // Геопрофи, 2018. № 1. С. 8–12.
5. Герасимов А. П., Назаров В. Г. Местные системы координат. М: Проспект, 2010. 64 с.
6. Jaemyeong K., Yunsoo C., Hasu Y., Wonjong L. Optimal space interpolation method for continuous marine vertical datum based on WGS-84 ellipsoid // Sensors and Materials. 2019. Vol. 31. No. 11. P. 3917–3930. DOI: 10.18494/SAM.2019.2607
7. Altamimi Z., Rebischung P., Métivier L., Collilieux X. ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. 2016. Vol. 121. No. 8. P. 6109–6131. DOI: 10.1002/2016JB013098
8. Hoa Pham Thi, Dung Nghiem Quoc, Thu Trinh Thi Hoai, Huynh Pham The, Nhung Thi Le. Determination of the relationship between Vietnam national coordinate reference system (VN-2000) and ITRS, WGS84 and PZ-90 // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 94. Art. 03014. P. 1–8. DOI: 10.1051/e3sconf/20199403014
9. Zhang Q., Rong F., Chen Z. Performance analysis and conversion parameter evaluation of WGS84/ITRF ephemeris framework implemented by NGA and IGS // Proceedings of the International Workshop on Environment and Geoscience (IWEG 2018). P. 380–385.
10. Нейман Ю. М., Сугаилова Л. С. Строгие методы преобразования систем координат // Геодезия и картография. 2022. № 9. С. 21–29. DOI: 10.22389/0016-7126-2022-987-9-21-29
11. Мирмахмудов Э. Р. Обобщенные параметры преобразования пространственных геодезических координат // Universum: технические науки. 2020. № 7(76). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/9992> (дата обращения: 18.03.2023).
12. Голякова Ю. Е., Касаткин Ю. В., Щукина В. Н. Анализ установления единых государственных систем координат // Вестник СГУГиТ. 2015. № 2(30). С. 55–61.
13. Обиденко В. И. Единое высокоточное гомогенное координатное пространство территорий и местные системы координат: пути гармонизации // Вестник СГУГиТ. 2020. Т. 25. № 2. С. 46–62.
14. Александров Г. С. Проблемы пересчета координат в сфере недропользования из системы координат Пулково 1942 в систему ГСК-2011 // Научный лидер. 2022. № 31(76). С. 44–52.
15. Виноградов А. В. Установление местных систем координат при переходе к геодезической системе координат ГСК-2011 // Геодезия и картография. 2017. № 11(929). С. 2–10.
16. Геопортал Свердловской области введен в тестовую эксплуатацию: офиц. сайт Правительства Свердловской области. URL: <https://midural.ru/news/list/document203101/?ysclid=lywn0q059369134066> (дата обращения: 5.03.2024)

17. Гуман О. М., Макаров А. Б., Гревцев Н. В., Вегнер-Козлова Е. О. Особенности инженерно-экологических исследований для рекультивации нарушенных земель в горнодобывающих регионах // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 2. С. 68–76. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-2-68-76

18. Панжин А. А., Панжина Н. А. Применение исходных данных постоянно действующих станций для геодинимического районирования // Известия вузов. Горный журнал. 2021. № 1. С. 54–62. DOI: 10.21440/0536-1028-2021-1-54-62

Поступила в редакцию 5 марта 2024 года

Сведения об авторе:

Акулова Елена Алексеевна – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой геодезии и кадастров Уральского государственного горного университета. E-mail: geodezia_a@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8943-3456>

DOI: 10.21440/0536-1028-2024-4-136-146

Locating the subsoil plot boundary in the GSK-2011 reference system

Elena A. Akulova¹

¹ Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

Abstract

Relevance. When drawing up subsurface rights documents, coordinate reference systems are to be clarified in order to agree and in order to modify the subsurface site details so that it was possible to enter the subsoil plot boundary details into federal and departmental funds. The clarification is necessitated by the introduction of GSK-2011 state geodetic reference system and correct transformation of coordinates of subsoil plot boundary characteristic points into other reference systems in accordance with the legislation of the Russian Federation.

Methods of research. Comparative legal research methods applied to the Russian legislation and reference documentation in the field of subsoil use allow to interpret and specify the basic principles and requirements of the coordinate description of the subsoil plot when drawing up subsoil use permits.

Research results. To ensure the reliability of position data in GSK-2011 and local coordinate systems, it is necessary to transform coordinates using datums and conversion parameters. The establishment the initial geodetic reference system plays a key role here. For correct coordinate transformation into the GSK-2011 system, the scheme of coordinate transformation is defined considering the peculiarities of datum surfaces and the principle of reference systems formation.

Conclusions. By law, the procedure of coordinate transformation from GSK-2011 geodetic system to the rectangular local coordinate reference system according to the approved parameter system requires the establishment of local coordinate systems in the map projection of the general terrestrial ellipsoid, adopted as a reference since 2021.

Keywords: mine allotment; reference systems; datum; reference ellipsoid; GSK-2011 state geodetic reference system; transformation parameters; local coordinate reference systems; digital transformation.

REFERENCES

1. Akulova E. A. The definition of coordinates in the description of the boundaries of the mining allotment. In: *Innovative geotechnologies in orefields and non-metalliferous deposits development: Proceedings of 7th Internat. sci. pract. conf. within the Urals Mining Decade*. Ekaterinburg; 2018. p. 476–483. (In Russ.)
2. Klepko V. L., Kononov V. E. Coordinate systems in geodesy (to the 90th anniversary of establishing of plane rectangular Gauss-Kruger coordinates system in the USSR). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2018; 3: 107–111. (In Russ.) Available from: doi: 10.21440/0536-1028-2018-3-107-111
3. Oznamets V. V., Tsvetkov V. Ia. Coordinate geodetic support: the relationship between reduced and geodetic latitude. *Information Technologies in Science, Education and Management*. 2018; 6(10): 8–14. (In Russ.)
4. Poprygin V. A., Tretiakov V. I. GSK-2011. Transformation problem. *Geoprofi = Geoprofi*. 2018; 1: 8–12. (In Russ.)

5. Gerasimov A. P., Nazarov V. G. *Local coordinate systems*. Moscow: Prospekt Publishing; 2010. (In Russ.)
6. Jaemyeong K., Yunsoo C., Hasu Y., Wonjong L. Optimal space interpolation method for continuous marine vertical datum based on WGS-84 ellipsoid. *Sensors and Materials*. 2019; 31(11): 3917–3930. Available from: doi: 10.18494/SAM.2019.2607
7. Altamimi Z., Rebischung P., Métivier L., Collilieux X. ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 2016; 121(8): 6109–6131. Available from: doi: 10.1002/2016JB013098
8. Hoa Pham Thi, Dung Nghiem Quoc, Thu Trinh Thi Hoai, Huynh Pham The, Nhung Thi Le. Determination of the relationship between Vietnam national coordinate reference system (VN-2000) and ITRS, WGS84 and PZ-90. In: *E3S Web of Conferences*. 2019; 94 (03014): 1–8. Available from: doi: 10.1051/e3sconf/20199403014
9. Zhang Q., Rong F., Chen Z. Performance analysis and conversion parameter evaluation of WGS84/ITRF Ephemeris Framework Implemented by NGA and IGS. In: *Proceedings of the International Workshop on Environment and Geoscience (IWEG 2018)*. p. 380–385.
10. Neiman Iu. M., Sugaipova L. S. On the coordinate system transformation. *Geodeziia i kartografiia = Geodesy and Cartography*. 2022; 9: 21–29. (In Russ.) Available from: doi: 10.22389/0016-7126-2022-987-9-21-29
11. Mirmakhmudov E. R. Modified transformation parameters of spatial geodetic coordinates. *Universum: tekhnicheskie nauki = Universum: engineering sciences*. 2020; 7(76). (In Russ.) Available from: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/9992> [Accessed 18 March 2023].
12. Goliakova Iu. E., Kasatkin Iu. V., Shchukina V. N. Analysis of establishment of uniform state systems of coordinates. *Vestnik SGUGiT = Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies*. 2015; 2(30): 55–61. (In Russ.)
13. Obidenko V. I. A single high-precision homogeneous coordinate space of territories and local coordinate systems: ways of harmonization. *Vestnik SGUGiT = Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies*. 2020; 25(2): 46–62. (In Russ.)
14. Aleksandrov G. S. Problems of coordinate transformation in subsoil use from the Pulkovo 1942 to GSK-11 system. *Nauchnyi lider = Scientific Leader*. 2022; 31(76). (In Russ.)
15. Vinogradov A. V. Establishing local coordinate systems during transformation to geocentric coordinate system GSK-11. *Geodeziia i kartografiia = Geodesy and Cartography*. 2017; 11(929): 2–10. (In Russ.)
16. Geoportal of the Sverdlovsk region is put into operation in the test mode. The official website of the Government of the Sverdlovsk region. Available from: <https://midural.ru/news/list/document203101/?ysclid=lywn0q059369134066> [Accessed 03th March 2024]. (In Russ.)
17. Guman O. M., Makarov A. B., Grevtsev N. V., Vegner-Kozlova E. O. Features of engineering and environmental research for disturbed lands restoration in mining regions. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2020; 2: 68–76. (In Russ.) Available from: doi: 10.21440/0536-1028-2020-2-68-76
18. Panzhin A. A., Panzhina N. A. Applying primary data from permanent stations for geodynamic zoning. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2021; 1: 54–62. (In Russ.) Available from: doi: 10.21440/0536-1028-2021-1-54-62

Received 5 March 2024

Information about the author:

Elena A. Akulova – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Geodesy and Cadastres, Ural State Mining University. E-mail: geodezia_a@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8943-3456>

Для цитирования: Акулова Е. А. Определение местоположения границы участка недр в системе координат ГСК-2011 // Известия вузов. Горный журнал. 2024. № 4. С. 136–146. DOI: 10.21440/0536-1028-2024-4-136-146

For citation: Akulova E. A. Locating the subsoil plot boundary in the GSK-2011 reference system. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering*. 2024; 4: 136–146 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2024-4-136-146