

В Дирекцию и Ученый совет ФИЦКИА РАН
от д.т.н. Флоринского И.В., в.н.с. ИМПБ РАН
– филиала ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

ЗАЯВЛЕНИЕ

В Научно-издательском центре «Социосфера» (г. Пенза) тиражом 500 экземпляров опубликована монография сотрудников ФГБУН ФИЦКИА РАН:

Кутинов Ю.Г., Минеев А.Л., Полякова Е.В., Чистова З.Б. Выбор базовой цифровой модели рельефа (ЦМР) равнинных территорий Севера Евразии и ее подготовка для геоэкологического районирования (на примере Архангельской области). Пенза: Социосфера, 2019, 177 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=42430191>

Ознакомившись с указанной монографией, я установил что она содержит обширные, непрерывные, дословные совпадения с текстами трех моих работ:

Флоринский И.В. Теория и приложения математико-картографического моделирования рельефа.

Дис. ... д.т.н. Пущино: ИМПБ РАН, 2010, 267 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=19245104>

Флоринский И.В. Теория и приложения математико-картографического моделирования рельефа.

Автореф. ... д.т.н. М.: МИИГАиК, 2010, 42 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=19317839> ;

<http://vak1.ed.gov.ru/common/img/uploaded/files/vak/2010/announcements/techn/01-03/FlorinskiyIV.pdf>

Флоринский И.В. Иллюстрированное введение в геоморфометрию // Электронный альманах

«Пространство и время», 2016, Т. 11, Вып. 1, с. 1-20. <https://elibrary.ru/item.asp?id=26185878> ;

http://www.j-spacetime.com/actual%20content/t11v1/PDF-files/2227-9490e-aprovr_e-ast11-1.2016.71.pdf

Заемствования из моих работ, в целом, составляют: около 1-й страницы текста во Введении монографии, около 4-х страниц текста в I главе монографии и около 2-х страниц текста в III главе монографии. Заемствованный текст не выделен как цитаты с помощью кавычек, при этом в большинстве случаев сохранены ссылки на источники из исходных текстов моих работ. Ссылки же на мои работы носят случайный и необязательный характер.

Подробный анализ заимствований представлен на следующих 6 (шести) страницах заявления (стр. 2–7), которые содержат таблицу со сканированными изображениями проблемных страниц монографии Ю.Г. Кутинова с соавторами (левый столбец) и моих работ (правый столбец); прямоугольниками выделены заимствования и оригинальные фрагменты; стрелками указаны соответствия между заимствованными и оригинальными фрагментами текста.

Таким образом, методом прямого сличения текстов установлено, что монография Ю.Г. Кутинова с соавторами содержит массовые некорректные неправомерные заимствования. Налицо грубое нарушение элементарной научной этики и основ авторского права.

ВВЕДЕНИЕ

В основе современных тенденций и подходов к проведению геоэкологических исследований в России и за рубежом лежит, как правило, учет антропогенного воздействия и практически отсутствует анализ природного состояния окружающей среды, в первую очередь, геологической. В то же время, надежность (достоверность) геоэкологической оценки существенно возрастает при объективном анализе природных факторов. В качестве универсальной основы для проведения геоэкологического анализа территории с точки зрения вероятности развития опасных процессов и явлений, по мнению авторов, может и должна выступать цифровая модель рельефа.

Рельеф является одним из основных факторов, определяющих ход и направленность процессов, протекающих в приповерхностном слое планеты (Huggett, Cheesman, 2002). Большинство эколого-геохимических процессов зависит от поступления в каждую точку пространства влаги и солнечной энергии, их распределение регулируется углами наклона и экспозицией склонов. Направление распространения загрязнений, пути миграции вещества, зоны его возможного накопления и смыва определяют типы морфоэлементов рельефа. Вместе с тем, будучи результатом взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов, рельеф выступает индикатором геологического строения территории (Penck, 1924; Герасимов, 1959; Мешеряков, 1965; Уфимцев, 1984; Костенко, 1999; Кутинов, 2005; Флоринский, 2010 и др.). В этой связи, информация о рельефе широко применяется в науках о Земле, инженерных изысканиях, проектировании и строительстве.

Вплоть до 90-х годов прошлого века основным источником количественной информации о рельефе являлись топографические карты, при анализе которых использовался методический аппарат морфометрии рельефа (Ченцов, 1948; Волков, 1950; Strahler, 1956; Mark, 1975; Симонов, 1998; и др.). В середине 1950-х гг. в фотограмметрии возникло новое направление – цифровое моделирование рельефа – первой областью применения которого стало строительство линейных сооружений (Коновалов, 1960), проектирование дорог (Miller, Leflamme, 1958).

По мере развития компьютерных и аэрокосмических технологий цифровое моделирование рельефа оформилось в самостоятельную

~ 3 ~

ную научную дисциплину – геоморфометрию, предметом которой является количественное моделирование и анализ рельефа земной поверхности, а также взаимосвязей между рельефом и другими естественными и антропогенными компонентами геосистем (Geomorphometry, 2009). Усложнение задач научных и практических исследований, необходимость снижения уровня их субъективности определили переход от традиционных морфометрических методов к цифровому моделированию рельефа (Флоринский, 2010).

Несмотря на бурное развитие цифрового моделирования рельефа, остается целый ряд вопросов:

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Рельеф является одним из основных факторов, определяющих ход и направленность процессов, протекающих в приповерхностном слое планеты. В частности, рельеф является одним из факторов почвообразования, так как во многом определяет микроклиматические и метеорологические характеристики, влияющие на гидрологический и тепловой режим почв (Geiger, 1927; Романова, 1977; Кондратьев и др., 1978), и предпосылки латерального переноса воды и других веществ вдоль земной поверхности и в почве под действием гравитации (Kirky, Chorley, 1967; Speight, 1974). Вместе с тем, будучи результатом взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов, рельеф выступает индикатором геологического строения территории (Penck, 1924; Герасимов, 1959; Мешеряков, 1965; Уфимцев, 1984; Костенко, 1999; и др.). В этой связи, информация о рельефе широко применяется в науках о Земле, инженерных изысканиях, проектировании и строительстве.

До 1990-х гг. основным источником количественной информации о рельефе являлись топографические карты, при анализе которых использовался методический аппарат морфометрии (Ченцов, 1948; Волков, 1950; Strahler, 1956; Девдариани, 1967; Спиридонов, 1975; Червяков, 1984; Пирнев, 1985; Ласточкин, 1987; Симонов, 1998; и др.). Как составная часть картографического метода исследования (Салишев, 1955; Берлянт, 1978, 1986) и математико-картографического моделирования (Жуков и др., 1980; Сербенюк, 1990), морфометрические подходы получили распространение в геологии и почвоведении (Философов, 1960; Романова, 1971; Ранцман, 1979; Волчанская, 1981; и др.).

В середине 1950-х гг. в фотограмметрии возникло новое направление – цифровое моделирование рельефа – первой областью применения которого стало проектирование и строительство линейных сооружений (Miller, Leflamme, 1958; Коновалов, 1960). В рамках этого направления основными носителями информации о рельефе стали цифровые модели высоты (ЦМВ), используемые для расчетов цифровых моделей морфометрических характеристик рельефа (цифровых моделей рельефа, ЦМР). По мере развития компьютерных технологий, цифровое моделирование рельефа оформилось в научную дисциплину.

3

По мере развития компьютерных и аэрокосмических технологий, цифровое моделирование рельефа оформилось в научную дисциплину, предметом которой является количественное моделирование и анализ рельефа земной (планетарной) поверхности, а также взаимосвязей между рельефом и другими естественными и антропогенными компонентами геосистем. Усложнение задач научных и практических исследований, необходимость снижения уровня их субъективности и обеспечения воспроизводимости определили переход от традиционных морфометрических методов к цифровому моделированию рельефа [252, 60, 202, 239, 108]. Этому способствовало развитие физико-математической теории топографической

7

связей между рельефом и другими естественными и антропогенными компонентами геосистем. Усложнение задач научных и практических исследований, необходимость снижения уровня их субъективности и обеспечения воспроизводимости определили переход от традиционных морфометрических методов к цифровому моделированию рельефа [252, 60, 202, 239, 108]. Этому способствовало развитие физико-математической теории топографической

значительные «побочные» эффекты.

Рельеф является одним из основных факторов, определяющих ход и направленность процессов, протекающих в приповерхностном слое планеты (рис. 1.2). Большинство эколого-геохимических процессов зависит от поступления в каждую точку пространства влаги и солнечной энергии, их распределение регулируется углами наклона и экспозицией склонов. Масштабы явлений, протекающих в системе взаимодействующих геосфер, определяются, прежде всего, распределением в них энергии (Зецер, 2009), т. е. источниками и стоками энергии во внутренних и внешних геосферах, определяющими баланс и параметры процессов. В целом, энергия, накопленная во внутренних геосферах, выше, чем во внешних. Но энергия геосфер, которая поступает извне, сразу расходуется, в отличие от энергии внутренних геосфер. Кроме того, суммарная масса газов, заключенная в верхних геосферах, значительно меньше массы твердой Земли, включая океаны. Поэтому, сравнивая удельные по массе мощности для указанных геосфер (табл. 1.1), можно заключить, что физические процессы, происходящие во внешних геосферах, расходуют, гораздо больше мощности (энергии) на единицу массы, чем во внутренних геосферах.

~ 19 ~

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Рельеф является одним из основных факторов, определяющих ход и направленность процессов, протекающих в приповерхностном слое планеты

В частности, рельеф является одним из факторов почвообразования, так как во многом определяет микроклиматические и метеорологические характеристики, влияющие на гидрологический и тепловой режим почв (Geiger, 1927; Романова, 1977; Кондратьев и др., 1978), и предпосылки латерального переноса воды и других веществ вдоль земной поверхности и в почве под действием гравитации (Kirkby, Chorley, 1967; Speight, 1974). Вместе с тем, будучи результатом взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов, рельеф выступает индикатором геологического строения территории (Ренк, 1924; Герасимов, 1959; Мешеряков, 1965; Уфимцев, 1984; Костенко, 1999; и др.). В этой связи, информация о рельефе широко применяется в науках о Земле, инженерных изысканиях, проектировании и строительстве.

До 1990-х гг. основным источником количественной информации о рельефе являлись топографические карты, при анализе которых использовался методический аппарат морфометрии (Ченцов, 1948; Волков, 1950; Strahler, 1956; Девдариани, 1967; Спиридонов, 1975; Червяков, 1984; Пирнев, 1985; Ласточкин, 1987; Симонов, 1998; и др.). Как составная часть картографического метода исследования (Салишев, 1955; Берлянт, 1978, 1986) и математико-картографического моделирования (Жуков и др., 1980; Сербенюк, 1990), морфометрические подходы получили распространение в геологии и почвоведении (Философов, 1960; Романова, 1971; Ранцман, 1979; Волчанская, 1981; и др.).

В середине 1950-х гг. в фотограмметрии возникло новое направление – цифровое моделирование рельефа – первой областью применения которого стало проектирование и строительство линейных сооружений (Miller, Leflamme, 1958; Коновалов, 1960). В рамках этого направления основными носителями информации о рельефе стали цифровые модели высоты (ЦМВ), используемые для расчетов цифровых моделей морфометрических характеристик рельефа (цифровых моделей рельефа, ЦМР). По мере развития компьютерных технологий, цифровое моделирование рельефа оформилось в научную дисциплину,

3

(Кутинов и др., 2019), с. 21:

Направление распространения загрязнений, пути миграции вещества, зоны его возможного накопления и смыва определяют типы морфоэлементов рельефа. Рельеф является одним из факторов почвообразования, так как во многом определяет микроклиматические и метеорологические характеристики, влияющие на гидрологический и тепловой режим почв (Geiger, 1927; Романова, 1977; Кондратьев и др., 1978), а также предпосылки латерального переноса воды и других веществ вдоль земной поверхности и в почве под действием гравитации (Kirkby, Chorley, 1967; Speight, 1974).

Вместе с тем, будучи результатом взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов, рельеф выступает индикатором геологического строения территории (Penck, 1924; Герасимов, 1959; Мещеряков, 1965; Уфимцев, 1984; Костенко, 1999; и др.). В этой связи, информация о рельефе широко применяется в науках о Земле, инженерных изысканиях, проектировании и строительстве.

Стало классическим положение, что рельеф является перераспределителем тепла, света и влаги (Неуструев, 1930); с ним еще связан перенос растворимых солей (Польнов, 1934), а также литодинамических потоков, что выражается, например, в скоплениях в зонах аккумуляции мелкодисперсных частиц почв (Ковда, 1985; Martz, de Jong, 1990). Рельеф также существенно влияет на потоки воздуха в приземных слоях атмосферы (Cummins, 2000; Floors et al., 2014).

~ 21 ~

(Флоринский, 2010), автореферат, с. 3:

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Рельеф является одним из основных факторов, определяющих ход и направленность процессов, протекающих в приповерхностном слое планеты. В частности, рельеф является одним из факторов почвообразования, так как во многом определяет микроклиматические и метеорологические характеристики, влияющие на гидрологический и тепловой режим почв (Geiger, 1927; Романова, 1977; Кондратьев и др., 1978), и предпосылки латерального переноса воды и других веществ вдоль земной поверхности и в почве под действием гравитации (Kirkby, Chorley, 1967; Speight, 1974). Вместе с тем, будучи результатом взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов, рельеф выступает индикатором геологического строения территории (Penck, 1924; Герасимов, 1959; Мещеряков, 1965; Уфимцев, 1984; Костенко, 1999; и др.). В этой связи, информация о рельефе широко применяется в науках о Земле, инженерных изысканиях, проектировании и строительстве.

До 1990-х гг. основным источником количественной информации о рельефе являлись топографические карты, при анализе которых использовался методический аппарат морфометрии (Ченцов, 1948; Волков, 1950; Strahler, 1956; Девдариани, 1967; Спиридонов, 1975; Червяков, 1984; Пириев, 1985; Ласточкин, 1987; Симонов, 1998; и др.). Как составная часть картографического метода исследования (Салишев, 1955; Берлянт, 1978, 1986) и математико-картографического моделирования (Жуков и др., 1980; Сербенюк, 1990), морфометрические подходы получили распространение в геологии и почвоведении (Философов, 1960; Романова, 1971; Ранцман, 1979; Волчанская, 1981; и др.).

В середине 1950-х гг. в фотограмметрии возникло новое направление – цифровое моделирование рельефа – первой областью применения которого стало проектирование и строительство линейных сооружений (Miller, Leflamme, 1958; Коновалов, 1960). В рамках этого направления основными носителями информации о рельефе стали цифровые модели высоты (ЦМВ), используемые для расчетов цифровых моделей морфометрических характеристик рельефа (цифровых моделей рельефа, ЦМР). По мере развития компьютерных технологий, цифровое моделирование рельефа оформилось в научную дисциплину,

(Кутинов и др., 2019), с. 26–27

ЦМР может быть получена с помощью разнообразных технологий. Цифровая модель может иметь в качестве структурной основы иерархическую, реляционную, сетевую или комплексную модель. Цифровые модели могут храниться в базах данных или независимо в виде файловых структур.

Вплоть до 90-х годов прошлого века основным источником количественной информации о рельефе являлись топографические карты, при анализе которых использовался методический аппарат морфометрии рельефа (Ченцов, 1948; Волков, 1950; Strahler, 1956; Mark, 1975; Симонов, 1998; и др.), в частности, для «ручных» вычислений морфометрических характеристик (например, крутизны склонов, горизонтальной и вертикальной расчлененности и др.) и составления морфометрических карт (Тилло, 1890; Нортон, 1945; Девдариани, 1967; Спиридонов, 1975; Пирьев, 1985; Якименко, 1990 и др.). Как составная часть картографического метода исследования (Салишев, 1955; Берлянт, 1986) и математико-картографического моделирования (Жуков и др., 1980; Сербенюк, 1990), традиционные морфометрические подходы получили широкое распространение в геологических исследованиях (Берлянт,

~ 26 ~

1966), в частности – в горной геометрии (Соболевский, 1932), при поиске нефтегазоносных и рудоконтролирующих структур (Философов, 1960; Волчанская, 1981), для анализа блоковой структуры земной коры (Орлова, 1975), при изучении сейсмичности (Ранцман, 1979) и др.

В середине 1950-х гг. в фотограмметрии возникло новое направление – цифровое моделирование рельефа – первой областью применения которого стало строительство линейных сооружений (Коновалов, 1974), проектирование дорог (Miller, Leflamme, 1958). В рамках этого направления основными носителями информации о рельефе стали цифровые модели высоты (ЦМВ) – дискретные двумерные функции высоты – используемые для расчетов цифровых моделей рельефа (ЦМР) – дискретных двумерных функций морфометрических характеристик.

По мере развития компьютерных и аэрокосмических технологий, цифровое моделирование рельефа оформилось в научную дисциплину, предметом которой является количественное моделирование и анализ рельефа земной (планетарной) поверхности, а также взаимосвязей между рельефом и другими естественными и антропогенными компонентами геосистем.

Усложнение задач научных и практических исследований, необходимость снижения уровня их субъективности и обеспечения воспроизводимости определили переход от традиционных морфометрических методов к цифровому моделированию рельефа (Evans, 1972; Кошкарёв, 1982; Burrough, 1986; Dikau, 1988; Сербенюк, 1990). Этому способствовало развитие физико-математической теории топографической поверхности в поле гравитации (Kicho, 1973; Шарый, 1991; Shary, 1995).

Существует некоторая неопределенность в интерпретации зарубежной терминологии (рис. 1.4):

- DEM (Digital Elevation Model) – высота рельефа (ЦМР – цифровая модель рельефа);
- DSM (Digital Surface Model) – высота видимой поверхности (ЦММ – цифровая модель местности);
- DTM (Digital Terrain Model) – точного определения не существует, в некоторых случаях рассматривается аналогично ЦМР (DEM), в некоторых случаях включает дополнительную информацию.

~ 27 ~

(Кутинов и др., 2019), с. 29

Б – в виде нерегулярной триангуляционной сети (TIN)

В настоящее время цифровое моделирование рельефа широко используется для решения задач геоморфологии, гидрологии, дистанционного зондирования, почвоведения, геологии, геоботаники, гляциологии, океанографии, климатологии и других наук о Земле (McCullagh, 1988; Jensen, 1988; Skidmore, 1989; Moore et al., 1991; Richards et al., 1993; Felicísimo, 1994; Zhang, 1994; Pike, 1995; Wood, 1996; Новаковский и др., 2003; Geomorphometry, 2009; Terrain Analysis..., 2000; Thompson et al., 2001; Mark, 1984; Hugentobler, 2004; Li et al., 2005; Miliareisis, 2006; Demoulin, 2007; Straumann, 2010; Minár, 2013; Csillik et al., 2015; Bechet et al., 2016; Valentine et al., 2016; Duan et al., 2017 и др.). Известен также опыт применения цифрового моделирования рельефа при мониторинге

~ 29 ~

(Флоринский, 2010), диссертация, с. 7–8

процессов различного масштабного уровня, рельеф может выступать индикатором геологического строения территории [406, 25, 72, 402, 131, 57 и др.]. В этой связи, качественная и количественная информация о рельефе широко применяется в науках о Земле [412].

Вплоть до 90-х годов прошлого века основным источником количественной информации о рельефе являлись топографические карты, при анализе которых использовался методический аппарат морфометрии рельефа [17, 370, 110], в частности, для «ручных» вычислений морфометрических характеристик (например, крутизны склонов, горизонтальной и вертикальной расчлененности и др.) и составления морфометрических карт [125, 319, 158, 458, 35, 118, 87, 64 и др.]. Как составная часть картографического метода исследования [105, 9] и математико-картографического моделирования [40, 108], традиционные морфометрические подходы получили широкое распространение в геологических исследованиях (см. аналитический обзор [8]), в частности – в горной геометрии [116], при поиске нефтегазоносных и рудоконтролирующих структур [135, 19], для анализа блоковой структуры земной коры [84], при изучении сейсмичности [96] и др.

В почвоведении традиционные методы морфометрии применялись, например, для прогнозного картографирования свойств почвы [101] и пр.

В середине 50-х годов прошлого века в фотограмметрии возникло новое направление – цифровое моделирование рельефа [426]. В рамках этого направления основными носителями информации о рельефе стали цифровые модели высоты (ЦМВ) – дискретные двумерные функции высоты – используемые для расчетов цифровых моделей рельефа (ЦМР) – дискретных двумерных функций морфометрических характеристик. Первыми областями применения цифрового моделирования рельефа были изготовление рельефных карт на фрезерных станках с программным управлением [454] и проектирование дорог [383].

По мере развития компьютерных и аэрокосмических технологий, цифровое моделирование рельефа оформилось в научную дисциплину, предметом которой является количественное моделирование и анализ рельефа земной (планетарной) поверхности, а также взаимосвязей между рельефом и другими естественными и антропогенными компонентами геосистем.

7

Усложнение задач научных и практических исследований, необходимость снижения уровня их субъективности и обеспечения воспроизводимости определили переход от традиционных морфометрических методов к цифровому моделированию рельефа [252, 60, 202, 239, 108]. Этому способствовало развитие физико-математической теории топографической поверхности в поле гравитации [350, 161, 438]. В настоящее время цифровое моделирование рельефа широко используется для решения задач геоморфологии, гидрологии, дистанционного зондирования, почвоведения, геологии, геоботаники, гляциологии, океанографии, климатологии и других наук о Земле – см. аналитические обзоры [377, 164, 389, 140, 269, 163] и монографии [259, 461, 361, 82, 294].

(Флоринский, 2010), диссертация, с. 8

По мере развития компьютерных и аэрокосмических технологий, цифровое моделирование рельефа оформилось в научную дисциплину, предметом которой является количественное моделирование и анализ рельефа земной (планетарной) поверхности, а также взаимосвязей между рельефом и другими естественными и антропогенными компонентами геосистем.

7

Усложнение задач научных и практических исследований, необходимость снижения уровня их субъективности и обеспечения воспроизводимости определили переход от традиционных морфометрических методов к цифровому моделированию рельефа [252, 60, 202, 239, 108]. Этому способствовало развитие физико-математической теории топографической поверхности в поле гравитации [350, 161, 438]. В настоящее время цифровое моделирование рельефа широко используется для решения задач геоморфологии, гидрологии, дистанционного зондирования, почвоведения, геологии, геоботаники, гляциологии, океанографии, климатологии и других наук о Земле – см. аналитические обзоры [377, 164, 389, 140, 269, 163] и монографии [259, 461, 361, 82, 294].

(Кутинов и др., 2019), с. 31

ной в каждой точке карты (Шарей, 2006).

Геоморфометрия изучает следующие типы реальных поверхностей:

- 1) Рельеф земной поверхности (поверхность раздела сред «литосфера – атмосфера»).
- 2) Подводный рельеф (поверхность раздела сред «литосфера – гидросфера»).
- 3) Ледяной рельеф (поверхность раздела сред «гляциосфера – атмосфера»).
- 4) Подледный рельеф (поверхность раздела сред «гляциосфера – литосфера»).
- 5) Рельеф внеземных территорий (поверхность раздела сред «литосфера – космос» или «литосфера – атмосфера», если атмосфера существует).
- 6) Поверхности почвенных горизонтов, стратиграфических горизонтов и геологических структур (контактные поверхности между смежными почвенными горизонтами, стратиграфическими горизонтами и геологическими телами) (Флоринский, 2016).

В данном исследовании нами рассматривается только рельеф земной поверхности. Поэтому будет применяться термин «гео-

~ 31 ~

(Флоринский, 2016), с. 2

Электронное научное издание Альманах Пространство и Время Т. 11. Вып. 1 • 2016

СИСТЕМА ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Electronic Scientific Edition Almanach Space and Time vol. 11, issue 1

Elektronische wissenschaftliche Auflage Almanach 'Raum und Zeit' Bd. 11, Ausgh. 1

'The Earth Planet System'
'System Planet Erde'

Флоринский И.В. Иллюстрированное введение в геоморфометрию

Для успешного применения методов цифрового моделирования рельефа на практике исследователь должен знать базовые математические понятия геоморфометрии, ориентироваться в системе морфометрических величин и понимать их физико-математический смысл. Прояснению этих вопросов посвящена данная статья.

2. Топографическая поверхность. Определение и ограничения

Геоморфометрия изучает следующие типы реальных поверхностей:

1. Рельеф земной поверхности (поверхность раздела сред «литосфера–атмосфера»).
2. Подводный рельеф (поверхность раздела сред «литосфера – гидросфера»).
3. Ледяной рельеф (поверхность раздела сред «гляциосфера – атмосфера»).
4. Подледный рельеф (поверхность раздела сред «гляциосфера – литосфера»).
5. Рельеф внеземных территорий (поверхность раздела сред «литосфера – космос» или «литосфера – атмосфера», если атмосфера существует).
6. Поверхности почвенных горизонтов, стратиграфических горизонтов и геологических структур (контактные поверхности между смежными почвенными горизонтами, стратиграфическими горизонтами и геологическими телами).

Для проведения математического моделирования и анализа эти сложные негладкие поверхности, как правило, аппроксимируют топографической поверхностью.

(Кутинов и др., 2019), с. 33–34

..., Z_0) во всех точках матрицы ЦМР в окне 3×3 всегда известны, а уравнение определенного геоморфометрического параметра решается подстановкой определенных значений в выражение 1.2.

Для топографических поверхностей выполняются пять ограничений (Evans, 1979; Shary, 1995):

- 1) Топографическая поверхность определяется гладкой однозначной функцией двух переменных:

$$z = f(x, y), \quad (1.3)$$

где z – высота, x и y – декартовы координаты.

Это условие, в частности, означает, что пещеры, гроты и подобные им формы рельефа не рассматриваются.

- 2) Функция z (1.3) является гладкой, т. е. топографическая поверхность имеет производные всех порядков. В геоморфометрии систематически используются первые (p и q), вторые (r , t , и s) и третьи (g , h , k , и m) частные производные высоты:

~ 33 ~

$$\begin{aligned} p &= \frac{\partial z}{\partial x}, & q &= \frac{\partial z}{\partial y}, \\ r &= \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}, & t &= \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}, & s &= \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}, \\ g &= \frac{\partial^3 z}{\partial x^3}, & h &= \frac{\partial^3 z}{\partial y^3}, & k &= \frac{\partial^3 z}{\partial x^2 \partial y}, & m &= \frac{\partial^3 z}{\partial x \partial y^2}. \end{aligned} \quad (1.4)$$

- 3) Топографическая поверхность находится в однородном гравитационном поле. Реальный рельеф естественным образом расположен в поле притяжения, а его описание (составление ЦМР) всегда в неявном виде учитывает направление вектора ускорения силы тяжести. Это условие выполнимо для относительно небольших фрагментов геоида, для которых эквипотенциальная поверхность может быть заменена плоскостью (Флоринский, 2016).

- 4) Топографическая поверхность является масштабно зависимым объектом (Clarke, 1988). Это условие означает, что «фрактальную» компоненту рельефа можно считать высокочастотным шумом. В геоморфометрии фрактальные модели, как правило, не используются, за исключением немногочисленных работ (Фрактальный анализ, 2013; Сергеев, Егоров, 2015).

В науках о Земле рельеф не изучается только как поверх-

(Флоринский, 2016), с. 2

При этом выполняются пять ограничений (Evans 1979; Shary 1995):

1. Топографическая поверхность определяется гладкой однозначной функцией двух переменных

$$z = f(x, y), \quad (1)$$

где z – высота, x и y – декартовы координаты. Это условие, в частности, означает, что пещеры, гроты и подобные им формы рельефа не рассматриваются.

2. Функция z (1) является гладкой, т. е. топографическая поверхность имеет производные всех порядков. В геоморфометрии систематически используются первые (p и q), вторые (r , t , и s) и третьи (g , h , k , и m) частные производные высоты:

$$\begin{aligned} p &= \frac{\partial z}{\partial x}, & q &= \frac{\partial z}{\partial y}, \\ r &= \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}, & t &= \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}, & s &= \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}, \\ g &= \frac{\partial^3 z}{\partial x^3}, & h &= \frac{\partial^3 z}{\partial y^3}, & k &= \frac{\partial^3 z}{\partial x^2 \partial y}, & m &= \frac{\partial^3 z}{\partial x \partial y^2}. \end{aligned} \quad (2)$$

3. Топографическая поверхность находится в однородном гравитационном поле. Реальный рельеф естественным образом расположен в поле притяжения, а его описание (составление ЦМР) всегда в неявном виде учитывает направление вектора ускорения силы тяжести. Это условие выполнимо для относительно небольших фрагментов геоида, для которых эквипотенциальная поверхность может быть заменена плоскостью.

Из этого вытекает следующее ограничение:

4. Плановые размеры топографической поверхности существенно меньше радиуса планеты. Подразумевается, что кривизну планеты можно пренебречь, если размеры участка не превышают 0.1 от радиуса планеты.

5. Топографическая поверхность является масштабно зависимым объектом [Clarke 1988]. Это условие означает, что «фрактальную» компоненту рельефа можно считать высокочастотным шумом. В геоморфометрии фрактальные модели, как правило, не используются.

ЦМР могут быть получены различными наземными, дистанционными и камеральными методами, среди которых выделяются следующие.

- Традиционные наземные топографические съемки (например, тахеометрические) (Бойко, 1980). В результате таких съемок получают детальные и крупномасштабные ЦМР небольших участков местности.

- Кинематическая GPS-съемка. Позволяет в реальном режиме времени создавать достаточно точные крупномасштабные и детальные ЦМР (Панин, Гельман, 1997; Clark, Lee, 1998; Флоринский, 2009). При этом используются спутниковая система глобального позиционирования и GPS-приемник, обычно устанавливаемый на вездеходе. По мере движения вездехода, в автоматизированном режиме производится регистрация трех координат каждой точки ЦМР. Кинематическая GPS-съемка создает условия для оперативного и экономичного решения многих детальных и крупномасштабных задач с использованием ЦМР – там, где ранее эти решения замедлялись относительно высокой трудоемкостью наземных топографических съемок в традиционном исполнении.

- Аналоговые и цифровые методы стереофотограмметрии (Портнова, 1975; Лобанов, Журкин, 1980; Jensen, 1995), позволяющие строить ЦМР на основе стереопары дистанционных изображений (преимущественно, аэро- и космоснимков). В последнем случае могут использоваться различные платформы: SPOT (Gugan, Dowman, 1988), Landsat MSS (Franklin, 1987), NOAA AVHRR (Akeno, 1996), ASTER (Welch et al., 1998), Ikonos (Toutin, 2004) и др. Стереофотограмметрические методы могут использоваться в геоэкологических исследованиях для составления ЦМР в широком диапазоне масштабов.

- Радиолокационная интерферометрия. Позволяет получать ЦМР по данным радиолокационной съемки с использованием радаров с синтетической апертурной решеткой (Zebker et al., 1994). С помощью этого метода были построены, в частности, среднемасштабная ЦМР SRTM для значительной части суши Земли (Rabus et al., 2003; Fag et al., 2007). ЦМР на основе данных радиолокации могут использоваться в средне- и мелкомасштабных геоэкологических исследованиях.

~ 64 ~

- Лазерное (лидарное) сканирование. Широкое распространение лидарных аэросъемок осуществило прорыв в создании крупномасштабных и детальных ЦМР суши (Wehr, Lloyd, 1999; Atkinson, 2006) и мелководий (до -60 м) (Finkl et al., 2005). Хотя до сих пор удовлетворительно не решены некоторые методические вопросы, лидарная аэросъемка создает условия для быстрого решения крупномасштабных задач геоэкологии с использованием ЦМР (Селиванов, 2011).

- Гидролокация. Применяется для составления ЦМР дна водоемов (Hall, 1996; Jakobsson et al., 2008).

- Спутниковая радиолокационная альтиметрия. Применялась для составления ЦМР дна океанов (Dixon et al., 1983; Sandwell, Smith, 2001).

- Оцифровка горизонталей топографических карт различного масштаба с использованием ручных дигитайзеров и сканирования с последующим машинным распознаванием (Халутин и др., 1992; Eklundh, Mårtensson, 1995). Этот метод был основным при создании национальных ЦМР США, Канады и других стран (Digital..., 1993; Canadian..., 1997). ЦМР дна Северного Ледовитого океана ИВКАО (Jakobsson et al., 2008) и описания суши в глобальных ЦМР Земли GTOPO30, GLOBE и ETOPO2 (GTOPO30..., 1996; Global Land..., 1999; ETOPO2..., 2001). ЦМР, полученные данным способом, могут применяться для решения средне- и мелкомасштабных задач геоэкологии.

- Аэрофотосъемка, в том числе с беспилотных летательных аппаратов. Можно создавать ЦМР локальных территорий

ЦМВ могут быть получены различными наземными, дистанционными и камеральными методами, среди которых выделяются следующие:

- Традиционные наземные топографические съемки (например, тахеометрические) [12]. Полученные в результате этих съемок детальные и крупномасштабные ЦМВ небольших участков местности могут использоваться в почвенных исследованиях.

- Кинематическая GPS-съемка. Позволяет в реальном режиме времени создавать достаточно точные крупномасштабные и детальные ЦМВ [86, 223]. При этом используются спутниковая система глобального позиционирования и GPS-приемник, обычно устанавливаемый на вездеходе. По мере движения вездехода, в автоматизированном режиме производится регистрация трех координат каждой точки ЦМВ. Кинематическая GPS-съемка создает условия для оперативного и экономичного решения многих детальных и крупномасштабных задач почвоведения с использованием ЦМР – там, где ранее эти решения замедлялись относительно высокой трудоемкостью наземных топографических съемок в традиционном исполнении.

- Аналоговые и цифровые методы стереофотограмметрии [93, 68, 333], позволяющие строить ЦМВ на основе стереопары дистанционных изображений (преимущественно, аэро- и космоснимков). В последнем случае могут использоваться различные платформы: SPOT [306], Landsat MSS, NOAA AVHRR [174], ASTER [486], Ikonos [467] и др. Стереофотограмметрические методы могут использоваться как в почвоведении, так и в геологии для составления ЦМВ в широком диапазоне масштабов. В сверхдетальных полевых и лабораторных почвенно-эрозионных исследованиях (при разрешении ЦМВ порядка нескольких миллиметров) применяется наземная стереофотосъемка [479, 309].

- Радиолокационная интерферометрия. Позволяет получать ЦМВ по данным радиолокационной съемки с использованием радаров с синтетической апертурной решеткой [501]. С помощью этого метода были построены, в частности, глобальная мелкомасштабная ЦМВ Венеры [409, 288] и среднемасштабная ЦМВ SRTM для значительной части суши Земли [416, 258, 455]. ЦМВ на основе данных радиолокации могут использоваться в средне- и мелкомасштабных геоэкологических исследованиях.

- Лазерное сканирование. Широкое распространение лидарных аэросъемок осуществило прорыв в создании крупномасштабных и детальных ЦМВ суши [483, 363] и мелководий (до -60 м) [263]. Хотя до сих пор удовлетворительно не решены некоторые методические вопросы (в частности, эффективная фильтрация высокочастотного шума [357]), лидарная аэросъемка создает условия для быстрого решения крупномасштабных задач почвоведения и геологии с использованием ЦМВ. С помощью спутниковой лазерной альтиметрии были составлены, в частности, глобальная мелкомасштабная ЦМВ Луны [448, 505] и серия глобаль-

17

ных средне- и мелкомасштабных ЦМВ Марса [449, 447]. Такие ЦМВ могут использоваться в геоэкологических (планетологических) исследованиях среднего и мелкого масштаба.

- Гидролокация. Применяется для составления ЦМВ дна водоемов [308, 328]. Такие ЦМВ могут использоваться в средне- и мелкомасштабных геоэкологических исследованиях.

- Спутниковая радиолокационная альтиметрия. Применялась для составления ЦМВ дна океанов [240, 430]. С помощью этого метода (по данным спутников Seasat, Geosat и ERS-1; калибровка проводилась по данным гидролокации) была получена батиметрия для глобальной ЦМВ ETOPO2 [251]. Такие ЦМВ могут использоваться в мелкомасштабных геоэкологических исследованиях.

- Оцифровка горизонталей топографических карт различного масштаба с использованием ручных дигитайзеров и сканирования с последующим машинным распознаванием [154, 245]. Этот метод был основным при создании национальных ЦМВ США, Канады и других стран [238, 208]. ЦМВ дна Северного Ледовитого океана ИВКАО [328] и описания суши в глобальных ЦМВ Земли GTOPO30, GLOBE и ETOPO2 [305, 298, 251]. ЦМВ, полученные данным способом, могут применяться для решения средне- и мелкомасштабных задач почвоведения и геологии.

Выбор метода составления ЦМВ при проведении почвенных и геоэкологических работ зависит от ряда факторов: размера изучаемой территории, требуемых разрешающей способно-

На титульном листе монографии в надзаголовочных данных указан ФГБУН ФИЦКИА РАН, а на обороте титульного листа отмечено, что а) монография рекомендована к изданию Ученым советом ФГБУН ФИЦКИА РАН; и б) «исследование выполнено в ходе выполнения государственного задания ФГБУН ФИЦКИА РАН № гос. регистрации АААА-А18-118012390305-7». В этой связи считаю, что ФГБУН ФИЦКИА РАН взяла на себя солидарную с коллективом авторов монографии ответственность за нарушение научной этики и авторского права.

Как потерпевшая сторона, требую от Дирекции и Ученого совета ФГБУН ФИЦКИА РАН:

1. Отозвать рекомендацию Ученого совета к изданию указанной монографии.
2. Рассмотреть вопрос о привлечении коллектива авторов монографии к дисциплинарной ответственности за нарушение научной этики и авторского права.
3. Опубликовать извинения за нарушение научной этики и авторского права в академическом журнале географического или геологического профиля, а также на сайте ФИЦКИА РАН в сети Интернет (<http://fciarctic.ru>).
4. Уничтожить тираж указанной монографии.
5. Отозвать из библиотек переданные им экземпляры указанной монографии.
6. Удалить из сети Интернет электронные копии указанной монографии.
7. Удалить с сайта ФГБУН ФИЦКИА РАН в сети Интернет информацию об издании указанной монографии (<http://fciarctic.ru/index.php?page=news&id=468>).
8. Внести изменения в отчет(ы) по государственному заданию ФГБУН ФИЦКИА РАН № гос. регистрации АААА-А18-118012390305-7, а именно: удалить из отчета(ов) 2019 г. упоминание об издании указанной монографии и/или не вносить эту информацию в отчет(ы) 2020 г.
9. Рекомендовать авторам указанной монографии внести изменения в отчет(ы) по проекту РФФИ № 18-05-60024, а именно: удалить из отчета 2019 г. упоминание об издании указанной монографии и/или не вносить эту информацию в отчет 2020 г. и итоговый отчет по проекту.

Прошу сообщить о выполнении моих требований в сроки, установленные законодательством. Не возражаю против обработки моих персональных данных.

Флоринский Игорь Васильевич
доктор технических наук
ведущий научный сотрудник

Институт математических проблем биологии РАН –
филиал ФГУ «Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук».
142290, Московская обл., г. Пущино, ул. проф. Виткевича, д. 1.
Тел.: +7 (4967) 318-504; +7 (916) 588-8980; email: iflor@mail.ru

14 мая 2020

Подпись Флоринского Игоря Васильевича заверяю
Зав. отделом кадров ИМПБ РАН – филиала ИГМ им. М.В. Келдыша РАН
Галушко Татьяна Александровна



стр. 8 из 8