

О МЕТОДОЛОГИИ ПРИКЛАДНОЙ СТРУКТУРНОЙ ГЕОМОРФОЛОГИИ

© 2021 И.Ф. Делемень

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия, 683006; e-mail: delemen@kscnet.ru

Выполнен критический анализ методологии междисциплинарного направления геоморфологии, находящегося на стыке прикладной и структурной геоморфологии. Предложено для обозначения этого направления использовать термин «прикладная структурная геоморфология». Дальнейшая разработка методологического базиса этой дисциплины позволит решать ряд важных прикладных задач, — прогноза, поиска и разведки твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых, энергетических ресурсов, геоэкологии, экологии, природопользования и обеспечения устойчивого развития особо охраняемых природных территорий. Одной из важнейших задач является разработка теории и структурно-геоморфологического обоснования регламентов и нормативной базы инженерно-геологических, инженерно-геофизических и инженерно-экологических изысканий, а также задач геоурбанистики и оценки пространственных ограничений в градостроительстве. Дальнейшее развитие дисциплины будет строиться на основе синтеза традиционных направлений исследования рельефа (морфоструктурный, морфологический, морфодинамический, линейментный анализ) с привлечением количественных и экспериментальных методов с использованием алгоритмов и технологий искусственного интеллекта и BigData.

Ключевые слова: методология, методы, прикладная геоморфология, структурная геоморфология, морфотектоника, морфоструктура.

Редколлегия журнала «Вестник КРАУНЦ: Науки о Земле», членом которой я являюсь, представила мне на рецензирование статью А.А. Гаврилова «Вопросы методологии геолого-геоморфологических исследований для целей металлогении». Автор достаточно полно описал ситуацию, сложившуюся в геолого-геоморфологических исследованиях для решения задач металлогении. Так как у него и рецензента имеются некоторые расхождения во взглядах на методологические аспекты решения проблем, дальнейшее развитие исследований в области прикладной и структурной геоморфологии, и особенно рудной геоморфологии, то редколлегия предложила А.А. Гаврилову и мне опубликовать свои статьи в разделе «Дискуссия».

**МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА
КАК ТЕХНОЛОГИЯ ВЫБОРА МЕТОДОВ
НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
В ГЕОМОРФОЛОГИИ**

Научный профессионализм А.А. Гаврилова, логичность и обоснованность основных положений

его статьи, освобождают рецензента от необходимости анализировать ее содержание, даже в тех случаях, когда у читателя возникают вопросы. Впрочем, хорошее впечатление оставляет у читателя системный аспект работы. Приведены определения геоморфологической и морфоструктурной систем, а в тех случаях, где таких дефиниций нет (геологические и очаговые системы), контекст статьи позволяет легко понять их смысл. Интересна авторская трактовка концепции элементарности. Мне кажется, что А.А. Гаврилов нашел удачный путь для лучшего понимания проблемы интегративного эффекта космических снимков, когда на дистанционном изображении, сквозь кажущийся случайным набор узоров ландшафта и закономерно организованное сообщество (систему!) морфоскульптурных элементов (паттерн? гештальт- изображение? — даже термины еще не устоялись), просвечивают контуры глубинных структур. Вот почему автор статьи время от времени возвращается в своих публикациях к этой проблеме.

Будущее развитие системного анализа в геоморфологии связано с преодолением двух

нерешенных проблем современной геоморфологии. Одна из них — неполнота информации. Конструирование любой системы (в том числе концептуальное) предусматривает учет всех элементов системы и связей между ними. Отсюда вытекает требование учета всей информации, включая не укладываемую в представления автора, и даже альтернативные концепции оппонентов и критиков.

Очевидно, что не вина А.А. Гаврилова в том, что мнения зарубежных геоморфологов, особенно новейшие, представлены в его исследованиях дозировано. Современным российским геоморфологическим школам и коллективам, особенно университетским и академическим, следует готовиться к тому, что с развитием IT-технологий, онлайн научного перевода и с облегчением доступа к библиографическим мировым базам данных, дистанционным картографическим ресурсам, они не смогут сотрудничать и проводить исследования по единым международным программам исследовательских коллабораций и проектов без использования этих возможностей.

Вторая проблема, заметный разрыв между заявленными в публикациях системных подходах, и реальным отсутствием использования мощного аппарата различных версий современного системного анализа часто сводится только к перечислению элементов и связей между ними. Между тем, важнейший вопрос — определение особенностей и параметров структурированности изучаемой системы. При изучении рельефа важна даже философская проблематика, — не случайно Г.Ф. Уфимцев (2017) рассматривал дилемму «я и природа, или я природы».

Еще один пример. Опытный специалист в области «Инженерной сейсмологии» Т.Г. Константинова (устные сообщения), использовавшая методы геологии и геоморфологии, в беседах с ней об эволюции социоприродных систем в сейсмически активных регионах, рассказывала, что обратила внимание на то, что количество человеческих жертв в Камчатском крае при землетрясениях и других природных катастрофах, не укладывается в те значения, которые следовало бы ожидать по итогам ее статистических оценок сейсмического риска. Поэтому, наряду с поиском ответов на вопросы «как» при изучении причин природных катастроф, невольно возникает вопрос «зачем?», который находится уже за пределами научной проблематики, но имеет важнейшее значение для мировоззрения человека. Не думаю, что в приведенных примерах следовало бы использовать методологию исследования целенаправленных систем. Проблема в том, что стандартный аппарат теории систем, применяемый для геотопологического и мор-

фологического описания рельефа (Ласточкин, 2002), даже для целей статической геоморфологии (Ласточкин, 1991) крайне редко востребован вне исследований в инженерной геоморфологии, где от конкретности и точности описания морфологии рельефа напрямую зависит результативность и успех инженерных изысканий. Между тем, количественные методы системного анализа, разработанные ранее А.Н. Ласточкиным (1987), его учениками и последователями для целей морфодинамического анализа, могут быть использованы для постановки задач количественного моделирования в динамической геологии, палеогеоморфологии и рудной геологии. Полагаю, что не за горами то время, когда будут востребованы и количественные методы системного анализа, такие как логические методы анализа систем (Невский, 2016), принятие решений в условиях неопределенности (Кононенко и др., 1991). Скорее всего, разработка алгоритмов и создание количественных моделей геоморфологических систем — дело будущего, поскольку даже простейшие из них являются сложными, с нелинейными связями и очень большим количеством взаимодействующих элементов. Однако уже сейчас идут исследования в этом направлении. Не случайно А.А. Гаврилов особое внимание обращает на такие присущие рельефообразованию и рельефу системные свойства, как иерархичность, конвергенция, симметрия, конформность и другие. Конечно, я могу ошибаться, считая что для будущего науки о рельефе более важны морфометрические исследования.

Однако не будет удивительно, если лет так через 10–20, выяснится, что именно А.А. Гаврилов оказался наиболее прозорливым, уделяя большое внимание методологии изучения очаговых структур.

Вообще-то фактор личности, исследовательских предпочтений, играет в науке, пожалуй, более важную роль, чем создание количественных моделей. Прочитав статью А.А. Гаврилова и ознакомившись с его предшествующими работами, стала заметна аналогия творчества и мотивации к исследованиям двух исследователей — автора рецензируемой статьи и Г.Ф. Уфимцева. Для методолога это важно и, значит, проявляются некие общие закономерности, понимание которых пока доступно, вероятно, специалистам в области науковедения (Лопатин, 2013), но не совсем ясно даже самим исследователям. Читаешь публикации Александра Анатольевича, и не покидает ощущение, что все описываемые им территории он лично изучил и описал. О роли личных наблюдений Г.Ф. Уфимцев (2017) пишет неоднократно, то как геоморфолог, то как тектонист, а то и как человек искусства. Вряд ли стоит помещать в дискуссионной статье еще и науко-

ведческий анализ развития геоморфологии. Хочу лишь обратить внимание на детерминированность научных интересов двух исследователей. Оба (независимо друг от друга) подчеркивают важную роль изучения симметрии рельефа, структурированности и системности в рисунке гидросети, водоразделов и горного рельефа, и геоморфологической конвергенции, о глубинности эндогенных факторов горообразования, о механизмах связи тектоники, неотектоники и рельефа.

Конечно, полной аналогии нет. Г.Ф. Уфимцева интересовали фундаментальные проблемы геоморфологии и научной методологии, региональная и даже глобальная геоморфология, А.А. Гаврилов же больше интересуется вопросами изучения энергетики морфогенеза, а также проявлений энергомассопотоков в недрах Земли — кольцевых и очаговых структур, вулканизма и гидротермальных процессов, увязывая их с процессами рудогенеза.

Учитывая хорошую изученность многих из вопросов, поднимаемых автором, остановимся на кратком обсуждении только тех из них, которые на мой взгляд, нуждаются в дальнейшем углублении в их изучении.

ГЕОМОРФОЛОГИЯ НА ПУТИ К СРЕДИНЕ НОВОГО ВЕКА: ПУТЬ, ТРАЕКТОРИЯ ИЛИ ВЕКТОР?

Современное науковедение многое объясняет в развитии науки, но так и не научилось делать достоверные прогнозы ее будущего. Даже у экспертного сообщества авторитетных специалистов разное мнение: у Д.А. Тимофеева с соавторами (1972) было одно, у Д.В. Лопатина (2015) другое, а сейчас у кого-то — совсем иное. Так, Макл Чарч (Church, 2010) считает, что развитие геоморфологии и ее будущее определяется вовлечением в исследования рельефа все новых методов и технологий. Такой подход чреват отказом от публикации таких статей, как статья А.А. Гаврилова. А ведь подобные публикации, основанные на традиционных и даже рутинных, методах, играют роль хранилища знаний прошлых поколений.

В отличие от М. Чарча (2015), В.Н. Невский (2015) обращает внимание на то, что не происходит ни драматических изменений в геоморфологии, ни стремительных изменений технологии. Это обычное эволюционное развитие, сопряженное с наметившимися изменениями, а дальнейшее развитие науки о рельефе видится во все большем появлении исследований, посвященных статей, претендующих на углубленный анализ и обобщение геоморфологической проблематики.

Похоже, что новые технологии — скорее средство, инструментарий, позволяющие решать старые нерешенные задачи. Так что никакого противоречия в дилемме, обозначенной в названии раздела, нет. Как и раньше, геоморфология движется по широкой дороге комплексирования различных методов и подходов, а путь соответствует траектории смены парадигм и предпочтений. Тренд же развития указывает вектор, совпадающий по направлению со стрелой времени. Мы понимаем, что поисковая структурная геоморфология находится в преддверии новой научной революции, но вот контуры будущего здания этой науки пока неясны.

Похоже, что придется не отказаться, но во многом пересмотреть представления тридцати, а то и двадцатилетней давности. Будет снижаться теоретическая компонента в публикациях, что видно и по статье А.А. Гаврилова. У меня большой интерес вызвали не столько общие размышления о методах и методологии, сколько его личная и нетривиальная концепция связи энергомассопереноса и параметров рельефообразующих процессов с перспективами обнаружения рудных тел.

Вероятно, прав все же Томас Кун (1975). Хотя его концепции разделяются не всеми науковедами, история современного развития геоморфологии подтверждает его идеи. Похоже, геоморфология сейчас находится на завершающем этапе господства ранее существовавших парадигм. Наступил новый этап кумуляции знаний, в том числе тех, которые не согласуются с прежними парадигмами. К сожалению, автор рецензируемой статьи не рассматривает состояние дел в геоморфологии в части методологии науки. Впрочем, ознакомившись даже с несколькими пособиями по методологии геоморфологии, читатель может заметить об изменении в течении времени методологической тематики.

Это заметно, если проследить развитие парадигмальных представлений Л. Кинга (1967), Д.А. Тимофеева с соавторами (1972), А.А. Гаврилова (1999), Ю.Г.Симонова и С.И. Болысова (2002), А.Г. Исаченко (2004), Ю.Г. Симонова (2005), В.Е. Хаина с соавторами (2008), М. Чарча (Church, 2010), А.Ю. Сидорчука (2012), а также учеников и последователей Н.П. Костенко (Структурно-геоморфологические..., 2015). Можно сделать вывод о том, что вектор развития прикладной структурной геоморфологии сдвигается в сторону решения прикладных задач рудной геологии, поисков нефти и газа, строительства, и даже геоэкологии, экологии, природопользования и обеспечения устойчивого развития особо охраняемых природных территорий.

Одной из важнейших задач является разработка теории и структурно-геоморфологического обоснования регламентов и нормативной базы инженерно-геологических, инженерно-геофизических и инженерно-экологических изысканий, а также задач георурбанистики и оценки пространственных ограничений в градостроительстве.

Дальнейшее же развитие прикладной структурной геоморфологии будет строиться на основе и с привлечением количественных и экспериментальных методов. Все говорит о том, что следующее десятилетие развития не только этой дисциплины, а всей геоморфологии будет основываться на использовании алгоритмов и технологий искусственного интеллекта и BigData. На очереди переход к многомерным цифровым моделям.

Список литературы [References]

- Гаврилов А.А.* История и основные результаты геолого-геоморфологических исследований территории юга Дальнего Востока // Вестник ДВО РАН. 2009. № 4. С. 164–178 [Gavrilov A.A. History and basic results of the geologic-geomorphological studies in the Southern Far East of Russia // Vestnik DVO RAN. 2009. № 4. P. 164–178 (in Russian)].
- Исаченко А.Г.* Теория и методология географической науки. М.: Академия, 2004. 400 с. [Isachenko A.G. Teoriya i metodologiya geograficheskoy nauki. M.: Akademiya, 2004. 400 p. (in Russian)].
- Ласточкин А.Н.* Морфодинамический анализ. Л.: Недра. 1987. 256 с. [Lastochkin A.N. Morfodinamicheskiy analiz. L.: Nedra. 1987. 256 p. (in Russian)].
- Ласточкин А.Н.* Рельеф земной поверхности (принципы и методы статической геоморфологии). Л.: Недра. 1991. 339 с. [Lastochkin A.N. Rel'ef zemnoy poverhnosti (principy i metody staticheskoy geomorfologii). L.: Nedra. 1991. 339 p. (in Russian)].
- Ласточкин А.Н.* Системно-морфологическое основание наук о Земле (геотопология, структурная география и общая теория геосистем). Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 2002. 762 с. [Lastochkin A.N. Sistemno-morfologicheskoye osnovanie nauk o Zemle (geotopologiya, strukturnaya geografiya i obshchaya teoriya geosistem). Sankt-Peterburg: Izd-vo SPbGU, 2002. 762 p. (in Russian)].
- Лопатин Д.В.* Теория и методология геоморфологии. Санкт-Петербург: Изд. РЕНОВА, 2013. 106 с. [Lopatin D.V. Teoriya i metodologiya geomorfologii. Sankt-Peterburg: Izd. RENOVA, 2013. 106 p. (in Russian)].
- Лопатин Д.В.* Вектор развития геоморфологии (Приглашение к дискуссии) // Геоморфология. 2015. № 3. С. 24–27 [Lopatin D.V. Development Thrust of Geomorphology (an invitation to discussion) // Geomorphology. 2015. № 3. P. 24–27 (in Russian). <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2015-3-24-27>].
- Кинг Л.* Морфология Земли. Изучение и синтез сведений о рельефе Земли. М.: Прогресс. 1967. 559 с. [Сокращенный перевод книги: King L.C. The morphology of the Earth. A study and synthesis of world scenery. New York, Hafner Pub. Co. 1962. 699 p.].
- Кононенко А.Ф., Халезов А.Д., Чумаков В.В.* Принятие решений в условиях неопределенности. М.: ВЦ АН СССР. 1991. 196 с. [Kononenko A.F., Halezov A.D., Chumakov V.V. Prinyatie resheniy v usloviyakh neopredelennosti. M.: VCAN SSSR. 1991. 196 p. (in Russian)].
- Кун Т.* Структура научных революций. М.: Прогресс, 1975. 288 с. [Kuhn T.S. The Structure of Scientific Revolutions. Chicago, 1962. 288 p.].
- Невский В.Н.* Схема индуктивного формирования таксонов геоморфологической и морфогенетической классификации // Теория и методы современной геоморфологии: Материалы XXXV Пленума Геоморфологической комиссии РАН, Симферополь, 3-8 октября 2016 г. Симферополь, 2016. Том 1. С. 87–90 [Nevsky V.N. Skhema induktivnogo formirovaniya taksonov geomorfologicheskoy i morfogeneticheskoy klassifikacii // Theory and Methods of Modern Geomorphology: Proceedings of XXXV Plenary Meeting of RAS Geomorphological Committee, Simferopol, 3-8 October 2016 / Simferopol, 2016. V. 1. P. 87–90 (in Russian)].
- Невский В.Н.* Геоморфология и постмодерн // Научный диалог. 2015. № 2(38). С. 6–20 [Nevsky V.N. Geomorfologiya i postmodern // Nauchny dialog. 2015. № 2(38). P. 6–20 (in Russian)].
- Сидорчук А.Ю.* Н.И. Маккавеев и пути развития геоморфологии // Геоморфология. 2012. № 2. С. 86–97 [Sidorchuk A.Yu. N.I. Makkaveyev and development of geomorphology // Geomorfologiya. 2012. № 2. P. 86–97 (in Russian)].
- Симонов Ю.Г.* Геоморфология. Методология фундаментальных исследований. СПб: Питер, 2005. 427 с. [Simonov Yu.G. Geomorfologiya. Metodologiya fundamentalnykh issledovaniy. Sanct-Peterburg: Peter, 2005. 427 p. (in Russian)].
- Симонов Ю.Г., Болысов С.И.* Методы геоморфологических исследований: Методология. М.: Аспект-Пресс, 2002. 192 с. [Simonov Yu.G., Bolysov S.I. Metody geomorfologicheskikh issledovaniy: Metodologiya. Moscow: Aspect-Press, 2002. 192 p. (in Russian)].
- Структурно-геоморфологические исследования для решения задач неотектоники и геодинамики // Материалы конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Н.П. Костенко (1915–2005). М.: МГУ, 29 сентября 2015 г. М.: МГУ, 2015. 55 с. [Strukturno-geomorfologicheskiye issledovaniya dlya resheniya zadach neotektoniki i geodinamiki / Materialy konferentsii. posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya N.P. Kostenko (1915–2005). M.: GU, 2015. 55 p. (in Russian)].
- Тимофеев Д.А., Борсук О.А., Уфимцев Г.Ф.* Геоморфология вчера, сегодня и завтра // Геоморфология. 1999. № 4. С. 3–10 [Timofeev D.A., Borsuk O.A., Ufimtsev G.F. Geomorfologiya vchera, segodnya i zavtra // Geomorfologiya. 1999. № 4. P. 3–10 (in Russian)].
- Уфимцев Г.Ф.* Жизнь без юбилеев и дней рождений / Рукопись статьи в журнал «Геоморфология» // Тетрадь воспоминаний о профессоре Г.Ф. Уфимцеве. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2017. 168 с. [Ufimtsev G.F. Zhizn bez yubileev i dney rozhdeniy / Rukopis' statyi v zhurnal «Geomorfologiya» // Tetrad' vospominaniy o professoze G.F. Ufimtseve. Irkutsk: Institut zemnoy kory SO RAN, 2017. 168 s. (in Russian)].

ДЕЛЕМЕНЬ

у дней рождения / Rucopis' stat'y v Zhurnal «Geomorfologiya» // Tetrad' vospominaniy o professore G.F. Ufimtseve // Irkutsk: Institut Zemnoy Cory SO RAN, 2017. 168 p. (in Russian)].
Хайн В.Е., Рябухин А.Г., Наймарк А.А. История и методология геологических наук. М.: Академия,

2008. 416 с. [*Khain V.E., Ryabukhin A.G., Naymark A.A.* Istoriya i metodologiya geologicheskikh nauk. Moscow: Academy, 2008. 416 p. (in Russian)].
Church M. The trajectory of geomorphology // Progress in Physical Geography. 2010. V. 34. № 3. P. 265–286. <https://doi.org/10.1177/0309133310363992>

ON THE METHODOLOGY OF APPLIED STRUCTURAL GEOMORPHOLOGY

I.F. Delemen'

*Institute of Volcanology and Seismology, Far East Branch of Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, 683006; e-mail: delemen@kscnet.ru*

A critical analysis of the methodology in the geomorphological interdisciplinary direction, located at the connection of applied and structural geomorphology, has been carried out. It is proposed to use the term «applied structural geomorphology» to denote this direction. Further development of the methodological basis for this discipline will allow solving a number of important applied problems — forecasting, prospecting and exploration of solid, liquid and gaseous minerals, energy resources, environmental geology, ecology, nature management, and ensuring sustainable development of specially protected natural areas. One of the most important tasks is the development of the theory and structural-geomorphological substantiation of regulations and regulatory framework for engineering geology, geophysics and ecology surveys, as well as tasks of urban geosystem studies and assessment of spatial constraints in urban planning. Further development of the discipline will be based on the synthesis of traditional areas of study of the Earth's surface relief (morphostructural, morphological, morphodynamic, linement analysis) involving quantitative and experimental methods based on algorithms and technologies of artificial intelligence and BigData.

Keywords: methodology, methods, applied geomorphology, structural geomorphology, morphotectonics, morphostructure.

Поступила в редакцию 16.09.2021
После доработки 25.09.2021
Принята в печать 27.09.2021