

## ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

УДК 551.4.08

С.И. Большов<sup>1</sup>, А.В. Бредихин<sup>2</sup>, Е.А. Еременко<sup>3</sup>**КОМПЛЕКСНАЯ МЕЛКОМАСШТАБНАЯ ОЦЕНКА ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ**

Для бесконфликтного функционирования природных и природно-техногенных систем территории России необходимо стратегическое планирование типов природопользования, основанное, с одной стороны, на результатах комплексной оценки природных (в том числе геоморфологических) рисков, а с другой – на оценке степени безопасности территории для разных видов хозяйственной деятельности. Интенсивность и направленность процессов морфолитогенеза определяют степень устойчивости социально-геоморфологических систем, а в итоге – степень геоморфологической безопасности территории для разных видов природопользования или для хозяйственного освоения в целом.

Для оценки геоморфологической безопасности предложен интегральный показатель, рассчитываемый по совокупности показателей свойств рельефа и обстановки рельефообразования с учетом их значимости для разных видов природопользования. Предложенная методика комплексной оценки рельефа для целей природопользования позволяет на качественном уровне оценить перспективность освоения и эколого-экономическую эффективность разных типов хозяйствования для конкретной территории с точки зрения реальных и потенциальных геоморфологических угроз. С помощью рассчитанного интегрального показателя можно выявить территории, нуждающиеся в мониторинге и контроле за функционированием природно-хозяйственных систем. Представленные результаты комплексной оценки геоморфологической безопасности России на федеральном уровне могут быть использованы для обоснования стратегических проектных решений, создания региональных рейтингов благоприятности инвестиционного климата и пр.

*Ключевые слова:* степень геоморфологической безопасности, интегральный показатель, оценка рельефа для целей природопользования.

**Введение.** На современном этапе развития геоморфологической науки остро обозначилась необходимость разработки универсальной концептуальной основы эффективного использования рельефа в хозяйственной деятельности. Во второй половине прошлого столетия геоморфологи вплотную подошли к проблеме прогноза, оценки риска и опасности процессов рельефообразования – эти вопросы разрабатывались на стыке динамической и инженерной геоморфологии. Важным итогом стало оформление новой прикладной отрасли – экологической геоморфологии. В работах отечественных геоморфологов (Д.А. Тимофеев, Ю.Г. Симонов, В.И. Кружалин, Э.А. Лихачева, А.Н. Ласточкин, В.П. Чичагов и др.) достигнуты значительные результаты в оценке геоморфологического фактора в структуре и функционировании хозяйства. В то же время наряду с достигнутыми успехами в области региональной оценки и прогноза отдельных процессов рельефообразования наметилась необходимость разработать единый комплексный показатель, характеризующий отношение между интенсивностью морфолитогенеза в целом и эффективностью хозяйствования (природопользования) через понятия

«риск» и «ущерб». Особенно это важно при подготовке и передаче результатов инженерно-геоморфологических и эколого-геоморфологических исследований конкретным потребителям, не обладающим специальным понятийным и методическим геоморфологическим аппаратом.

Вследствие сложного взаимодействия рельефа и общества сформировалась социально-геоморфологическая система – базовая составляющая социально-природных систем [Кружалин и др., 2004]. Природопользование («совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению» [Реймерс, 1990]) – лишь одна из сторон развития социума в процессе его взаимодействия с природными компонентами вообще и с рельефом в частности. Наряду с собственно ресурсной одной из базовых составляющих процесса природопользования является безопасность. С точки зрения системного подхода под безопасностью понимают такое состояние системы, при котором действие внешних и внутренних факторов не приводит к ухудшению системы или невозможности ее функционирования [Заплатинский, 2006].

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, профессор, докт. геогр. н.; *e-mail:* sibol1954@bk.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, заведующий, профессор, докт. геогр. н.; *e-mail:* avbredikhin@yandex.ru

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, вед. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* eremenkoeaig@gmail.com

Общепринятое определение понятия «безопасность» отсутствует как в научных работах, так и в действующей нормативно-правовой документации Российской Федерации. В частности, в Федеральном законе «О безопасности» (от 28 декабря 2010 г. № 390-ФЗ) определение этого понятия не приводится, в то время как в утратившей силу предыдущей редакции этого закона (от 5 марта 1992 г. № 2446-1-ФЗ) такое определение было. Под безопасностью понималось «состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз», а к основным объектам безопасности были отнесены «личность – ее права и свободы; общество – его материальные и духовные ценности; государство – его конституционный строй, суверенитет и территориальная целостность». Действующий в настоящее время Федеральный закон «О безопасности» в том же ключе рассматривает сущность понятия «безопасность» и определяет основные принципы и содержание деятельности по обеспечению разных видов безопасности (безопасность государства, общественная безопасность, экологическая безопасность, безопасность личности и пр.) (ст. 1, «О безопасности»).

В сфере наук о Земле безопасность нередко рассматривается как понятие, противостоящее риску, т.е. такое состояние объекта, при котором риск для него или от него не превышает приемлемый уровень или вовсе отсутствует [Мягков, 1995]. В самом общем понимании «безопасность» – понятие, противоположное опасности. В зависимости от природы объекта (личность, социум, хозяйство) степень безопасности определяет устойчивость его развития, а в случае с природопользованием – его эффективность. Эколого-экономическая эффективность природопользования представляет собой отношение полученной прибыли к суммарной величине экологических и экономических затрат, т.е. чем больше это отношение, тем выше эколого-экономическая эффективность хозяйствования. Основным критерием эколого-экономической эффективности природопользования следует считать минимизацию затрат по эксплуатации, добыче и воспроизводству ресурсов с учетом экологических издержек. Иными словами, природопользование эффективно тогда, когда потребности социума удовлетворены, ущерб природной среде минимизирован, сохранены жизнь и здоровье людей.

С этих позиций под геоморфологической безопасностью природопользования следует понимать такое состояние социально-геоморфологических систем, которое отражает степень эффективности их функционирования (в частности, природопользования) с точки зрения свойств рельефа. Таким образом, разным степеням защищенности (безопасности) соответствует разная потенциальная эффективность природопользования. Оценка геоморфологической безопасности территории (ГБТ) – актуальная задача, решение которой на этапе стратегического планирования любой хозяйственной деятельности позволит в будущем минимизировать ущерб от чрезвычайных ситуаций различной природы, существенно

повысить эколого-экономическую эффективность природопользования. Степень геоморфологической безопасности зависит от множества факторов и условий, среди них как морфологические и динамические свойства рельефа, так и свойства обстановки рельефообразования – тектонические, геологические, ландшафтно-климатические, антропогенные и пр. Сложность комплексной оценки заключается в необходимости учитывать большое число качественных и количественных критериев (отдельных показателей), не аддитивных, имеющих разную размерность и природу. В связи с этим наиболее рациональный способ передачи информации о качестве (пригодности) территории в отношении различных видов природопользования – комплексный показатель, позволяющий ранжировать разные по масштабу объекты: страны, регионы, точечные объекты, проводить сравнительный анализ, оценивать возможные риски на качественном уровне [Болысов и др., 2014]. Кроме того, сама внутренняя структура комплексного показателя при необходимости может быть предметом анализа. Во второй половине XX в. методы комплексной оценки получили широкое развитие в рамках квалиметрии [Азгальдов, Райхман, 1973] и активно используются в географических науках, поскольку позволяют наглядно выразить свойства среды, определяемые комплексом разнообразных факторов и условий [Злотина, Чалов, 1996; Битюкова, 2010; Готванский, Лебедева, 2010; Битюкова, Кириллов, 2011; Панин и др., 2014; Лихачева и др., 2015].

**Материалы и методы исследований.** Комплексная оценка геоморфологической безопасности территории может быть разномасштабной – мелкомасштабной, или *федеральной, глобальной* (мельче 1:1 000 000); среднемасштабной, или *региональной* (1:200 000–1:1 000 000); крупномасштабной, или *локальной* (крупнее 1:200 000), но всегда целевой (проводится для конкретного типа природопользования или на федеральном и глобальном уровнях – для хозяйственного освоения в целом). В основе разработанной методики комплексной оценки рельефа лежит причинно-следственная взаимосвязь обстановки рельефообразования (условий и факторов развития рельефа) с интенсивностью геоморфологических процессов (морфолитогеоза). Спектр и интенсивность характерных для территории геоморфологических процессов (многие из которых могут быть неблагоприятны и опасны для хозяйства) определяются сочетанием разнообразных факторов и условий развития рельефа. Таким образом, отсутствие информации о пространственном распределении и интенсивности геоморфологических процессов, что необходимо для оценки эффективности природопользования, можно восполнить посредством учета условий и факторов развития этих процессов.

Процедура комплексной оценки ГБТ включает шесть основных этапов: 1) выбор значимых показателей обстановки морфолитогеоза; 2) определение диапазонов изменения показателей, их ранжирование

и приведение к балльной шкале; 3) введение квалиметрических коэффициентов (весов) для каждого показателя (с целью учета специфики разных типов природопользования и значимости каждого параметра обстановки); 4) расчет интегрального показателя геоморфологической безопасности для каждой территориальной единицы; 5) нормирование полученных значений интегрального показателя и выделение диапазонов их изменения; 6) представление результатов комплексной оценки в виде карт и/или схем.

Набор и число значимых показателей обстановки (или критериев) определяются масштабом оценки. В частности, при мелкомасштабной оценке учитываются критерии, для которых характерна вариабельность на федеральном или региональном уровне. Например, учитываются сейсмическая интенсивность и значения коэффициента увлажнения. При крупномасштабной оценке вариабельность некоторых параметров в пределах изучаемой территории может резко снизиться или вообще отсутствовать, что позволит исключить эти параметры из перечня значимых. В то же время в крупном масштабе появятся новые значимые свойства среды, не учитываемые при мелком масштабе оценки, например, крутизна, форма и экспозиция склонов.

Ранжирование подразумевает выстраивание частных значений свойства в некую последовательность в порядке изменения значимости при конкретной оценке. Так, ранжирование показателя глубины эрозионного расчленения (в метрах) при оценке геоморфологической безопасности территории заключается в выстраивании значений от наименьшего к наибольшему, что отражает общую тенденцию к снижению безопасности и увеличению рисков. Показатели обстановки морфолитогенеза имеют различные единицы измерения, а некоторые из них – качественные. В связи с этим следующий необходимый шаг – приведение выделенных рангов по каждому показателю к общей единице измерения – баллам. При этом для исключения неоправданного увеличения весомости отдельных факторов максимальное число баллов по разным показателям должно быть одинаковым (например, шкала для всех показателей может быть пятибалльной, десятибалльной и т.д.).

Разные типы природопользования предъявляют, как правило, разные требования к рельефу и в свою очередь по-разному на него влияют. Многие свойства рельефа лимитируют развитие тех или иных отраслей хозяйства или же, напротив, способствуют увеличению эффективности хозяйствования. Для учета специфики каждого типа природопользования, а также значимости для них отдельных параметров среды необходимо введение квалиметрических (весовых) коэффициентов для всех значимых показателей. Присвоение весов отдельным показателям может быть выполнено разными способами, в том числе методом экспертного оценивания (методом Дельфи) [Азгальдов, Райхан, 1973; Ковалев, Волкова, 2002; Королев, 2007; Панин и др., 2014].

Важнейший шаг при комплексной оценке ГБТ – выбор территориальной единицы. Географическое пространство включает социально-геоморфологические системы разного ранга. В основе их организации лежит иерархия отношений между природопользованием и неровностями земной поверхности. Для того чтобы корректно оценить интенсивность морфолитогенеза, за основу при выделении территориальных единиц оценки следует принимать именно геоморфологические границы. В зависимости от масштаба оценки это могут быть границы морфо-структурных зон, комплексов, форм или элементов рельефа.

Расчет комплексного показателя ГБТ ( $P_{ГБТ}$ ) для каждого территориального выдела основан на суммировании частных значений отдельных показателей, умноженных на их вес, осреднении полученных произведений в рамках каждой выделенной группы свойств (морфологических, геологических, ландшафтно-климатических и др.) и суммировании полученных значений:

$$P_{ГБТ} = \frac{k_1 A_1 + \dots + k_n A_n}{N} + \frac{l_1 B_1 + \dots + l_m B_m}{M} + \dots, \quad (1)$$

где  $N$  – число значимых показателей в первой группе свойств;  $M$  – число значимых показателей во второй группе свойств;  $A_1 \dots A_n$  – баллы по каждому из  $N$  показателей в первой группе свойств;  $B_1 \dots B_m$  – баллы по каждому из  $M$  показателей во второй группе свойств;  $k_1 \dots k_n$  – веса для каждого из  $N$  показателей в первой группе свойств,  $l_1 \dots l_m$  – веса для каждого из  $M$  показателей во второй группе свойств.

Для нормирования полученного ряда значений показателя ГБТ используется метод логарифмического масштабирования, предложенный в работах В.Р. Битюковой [Битюкова, 2010; Битюкова, Кириллов, 2011]. Результат комплексной оценки геоморфологической безопасности территории – карта, на которой отображены участки, отличающиеся по степени эффективности того или иного вида природопользования с точки зрения свойств рельефа (участки с разными значениями интегрального показателя ГБТ).

К настоящему времени предложенная методика опробована на серии конкретных разномасштабных и разноцелевых примеров [Еременко и др., 2015а, б].

Комплексные оценки разного масштаба, как правило, востребованы потребителями – от местных органов самоуправления и частных компаний (при крупном масштабе оценки) до крупных государственных проектных организаций и министерств (при оценках среднего и мелкого масштаба).

Комплексная мелкомасштабная карта (1:30 000 000) оценки геоморфологической безопасности территории России – пример исследования на федеральном уровне, результаты которого актуальны для целей стратегического планирования и сравнительной характеристики регионов; такие карты, кроме того, позволяют выявить зоны потенциально высокого геоморфологического риска для отдель-

ных видов природопользования в масштабе страны в целом.

В качестве основы для выделения территориальных единиц использована карта морфоструктур и морфоскульптур России и прилегающих морей масштаба 1:15 000 000 [Рельеф Земли..., 1967; Национальный атлас..., 2006]. В пределах России выделено для оценки 328 элементарных территориальных единиц, каждая из которых характеризуется сравнительной однородностью геоморфологического устройства, сходной интенсивностью и направленностью процессов морфолитогенеза.

В качестве значимых и отвечающих масштабу оценки выбраны следующие свойства обстановки морфолитогенеза (объединены в четыре группы): морфологические – средняя абсолютная высота местности и средняя глубина эрозионного расчленения согласно модели  $gtoro30$  (открытые данные на электронном ресурсе [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)); тектонические – сейсмическая интенсивность (в баллах шкалы MSK-64), по [Уломов, 1998]; геологические – литологический состав и физико-механические свойства горных пород, залегающих с поверхности, по [Геологическая..., 1995; Милановский, 1996]; наличие многолетнемерзлых грунтов и их температура, по [Национальный атлас..., 2006]; ландшафтно-климатические – коэффициент увлажнения (среднегодовое количество атмосферных осадков, деленное на испаряемость), по [Исаченко, 1985], а характер растительного покрова – по [Национальный атлас..., 2006]. Выбранные показатели составляют основу характеристики среды развития процессов морфолитогенеза, в то же время в характере их распределения не обнаруживается значимая взаимная корреляция (значение коэффициента корреляции в подавляющем большинстве случаев соответствует слабой силе связи и изменяется в диапазоне от 0,3 до -0,3). Каждый показатель ранжирован и приведен к четырехбалльной шкале, где баллу 1 соответствует значение показателя, при котором достигается наивысший уровень геоморфологической опасности (низший уровень защищенности или безопасности природопользования) (таблица).

Диапазоны изменения каждого показателя определены индивидуально с учетом увеличения интенсивности морфолитогенеза при изменении показателей. В частности, выделение диапазонов изменения средней абсолютной высоты местности и средней глубины эрозионного расчленения основано на зависимости энергии процессов морфолитогенеза от абсолютной и относительной высоты. Выделены равнинные территории: от 0 до 200 м – низменные равнины, от 200 до 500 м – возвышенные равнины, от 500 до 2500 м – низкогорья и среднегорья, а к наименее безопасным условиям отнесены высокогорья (в связи с ростом суммарной энергии процессов морфолитогенеза) и низменности с абсолютной высотой <0 м. При выделении диапазонов изменения сейсмической интенсивности учитывалось влияние вероятных сейсмических событий на развитие геоморфологических процессов. В част-

ности, существенные изменения рельефа отмечаются при землетрясениях интенсивностью >8 баллов, а катастрофические – при 10-балльных сейсмических событиях. Как правило, землетрясения с интенсивностью <5 баллов не приводят к изменению рельефа, а при землетрясениях с интенсивностью 6–7 баллов – изменения крайне незначительны.

Литологический состав поверхностных отложений и горных пород непосредственно влияет на интенсивность процессов выветривания и денудации – чем выше контактная прочность пород и модуль общей деформации, тем в целом выше устойчивость рельефа при прочих равных условиях. В соответствии с этой закономерностью породы разного литологического состава расположены в таблице от наиболее прочных грунтов (слабовыветрелых магматических и метаморфических пород) к слабым (рыхлым осадочным, засоленным и органогенным породам). Температура многолетнемерзлых грунтов на уровне нулевой годовой амплитуды напрямую отражает степень устойчивости массива пород по отношению к внешнему воздействию – чем она выше, тем больше вероятность активизации таких неблагоприятных и опасных геоморфологических процессов, как термокарст, термоэрозия и пр.

Диапазон изменения температуры принят в соответствии с изменением спектра характерных для территории мерзлотных процессов и явлений при ее увеличении, а также с учетом рекомендаций для газотранспортного строительства [Прачев, Зайцева, 2011]. Диапазон изменения коэффициента увлажнения установлен с шагом 0,6. Наибольшая вероятность проявления опасных геоморфологических процессов характерна для регионов со значениями коэффициента увлажнения <0,1 (аридные области, где осадки выпадают редко, но с высокой интенсивностью) и >1,8 (гумидные области с большой общей суммой атмосферных осадков), поэтому эти диапазоны значений сведены в единую градацию (1 балл). Растительный покров существенно влияет на интенсивность морфолитогенеза, главным образом через увеличение или снижение величины суммарной денудации. В зависимости от сплошности растительного покрова, его состава и особенностей корневых систем выделены группы типов растительности в порядке уменьшения их удерживающего влияния на чехол поверхностных отложений.

Для определения значений квалитетических коэффициентов (весов) для каждого показателя проведен опрос 32 экспертов-геоморфологов. Арифметическим осреднением частных оценок получены весовые коэффициенты для каждого из 7 показателей для разных типов природопользования и хозяйственного освоения в целом. К настоящему времени разработана серия классификаций природопользования, основанных на разных принципах деления [Басаликас, 1977; Зворыкин, 1993; Рунова и др., 1993].

При выделении ведущих типов природопользования в России в мелком масштабе в основу деления был положен принцип функциональности [Басаликас, 1977]: типы выделены по преобладающей

**Балльная оценка показателей при расчете комплексного показателя геоморфологической безопасности**

Показатель	Диапазоны изменения показателя	Балл	Весовой коэффициент для мелкомасштабной оценки				
			для хозяйственного освоения в целом	для селитебных и промышленных земель	для районов массовой горнодобычи	для земледелия	для лесного, пастбищного и охотхозяйства
Средняя абсолютная высота местности, м	0–200	4	1,0	0,6	0,5	0,7	0,6
	200–500	3					
	500–2500	2					
	>2500, <0	1					
Средняя глубина эрозионного расчленения (средняя глубина вреза речных долин), м	0–50	4	0,9	0,7	0,4	0,8	0,6
	50–500	3					
	500–1000	2					
	>1000	1					
Сейсмическая интенсивность в баллах шкалы MSK-64 (по карте ОСП-97D), балл	≤5	4	1,0	0,8	0,7	0,3	0,3
	6–7	3					
	8–9	2					
	≥10	1					
Литологический состав и физико-механические свойства горных пород, залегающих с поверхности	Коренные магматические и метаморфические слабо-выветрелые	4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,5
	Коренные осадочные некарбонатные слабо- и средне-выветрелые	3					
	Рыхлые обломочные осадочные, сильновыветрелые магматические, метаморфические и осадочные некарбонатные	2					
	Рыхлые глинистые, карбонатные осадочные, органогенные, самосадочные соли	1					
Многолетняя мерзлота (температура на уровне нулевой годовой амплитуды, $T_{cp}$ ), °C	Отсутствует	4	0,9	0,8	0,7	1,0	0,5
	$T_{cp} \leq -5$	3					
	$T_{cp} = -1 \div -5$	2					
	$T_{cp} = +3 \div -1$	1					
Коэффициент увлажнения	0,1–0,6	4	0,8	0,4	0,3	0,9	0,7
	0,6–1,2	3					
	1,2–1,8	2					
	<0,1; >1,8	1					
Характер растительного покрова	Леса (тайга, широколиственные и пр.) и лесостепи	4	0,7	0,3	0,2	0,8	0,9
	Степи и лесотундры, разреженные горно-таежные леса	3					
	Тундры, сухие степи, полупустыни	2					
	Пустыни (в том числе высокогорные и арктические), болота	1					

функции (форме) использования земель. Согласно этому принципу на изучаемой территории выделены участки: 1) селитебного и промышленного использования; 2) массовой горнодобычи; 3) земледелия (пахотные угодья); 4) лесные, охотничьи и пастбищные угодья. Границы ареалов распространения разных типов природопользования определялись согласно сведениям, приведенным в Национальном атласе России [Национальный атлас..., 2008], скорректированным по данным дешифрирования материалов дистанционного зондирования с ресурса Google Earth (космические снимки высокого разрешения, находящиеся в открытом доступе).

Каждый выделенный тип по-разному влияет на рельеф и процессы морфолитогенеза, а также в разной степени уязвим с точки зрения геоморфологических опасностей и рисков, что отражено в значениях весовых коэффициентов (таблица).

**Результаты исследований и их обсуждение.** С использованием описанной методики выполнен расчет комплексного показателя ГБТ по формуле (1) для хозяйственного освоения территории России в целом. Полученные частные значения показателей ГБТ для всех территориальных единиц сгруппированы методом оптимизации Дженкса (методом естественных границ) в 5 классов, соответствующих разной степени эффективности хозяйствования. На основе анализа полученных результатов выявлены следующие закономерности (рис. 1).

В пределах равнинной части России крайне низкие значения показателя ГБТ характерны для районов развития многолетней мерзлоты, особенно островной (Ямальская, Надымская, Пур-Тазовская,

Печорская низменности), районов со сравнительно высокой сейсмической интенсивностью (Центральная Якутская, Вилюйская низменности, Ставропольская возвышенность) и сравнительно высокими средними значениями глубины эрозионного расчленения (Тиманский, Донецкий кряжи). Эти территории характеризуются наименьшей эффективностью с точки зрения перспективного хозяйственного освоения. Высокими значениями показателя ГБТ характеризуются пластовые равнины (Ишимская, Тобольско-Тавдинская, Вятско-Камская, Степной Крым и др.), аккумулятивные низменные равнины Предкавказья. С точки зрения потенциальных геоморфологических угроз хозяйственная деятельность любого рода будет здесь более эффективной.

При оценке горных территорий установлено, что низкие показатели ГБТ характерны для районов современного и четвертичного вулканизма (вулканические горы Камчатки и Курильских островов), районов с высокой сейсмической интенсивностью (глыбовые горы и нагорья Центрального и Восточного Забайкалья, глыбово-складчатые высокогорья Большого Кавказа и др.). Сравнительный анализ горных регионов позволяет выявить территории, более перспективные с точки зрения освоения и/или дальнейшего использования (Урал, плато Путорана и др.).

На следующем этапе составлена схема преобладающих типов природопользования на территории России в соответствии с обозначенным принципом функциональности. Для каждого полученного контура выполнен расчет показателя ГБТ для заклю-

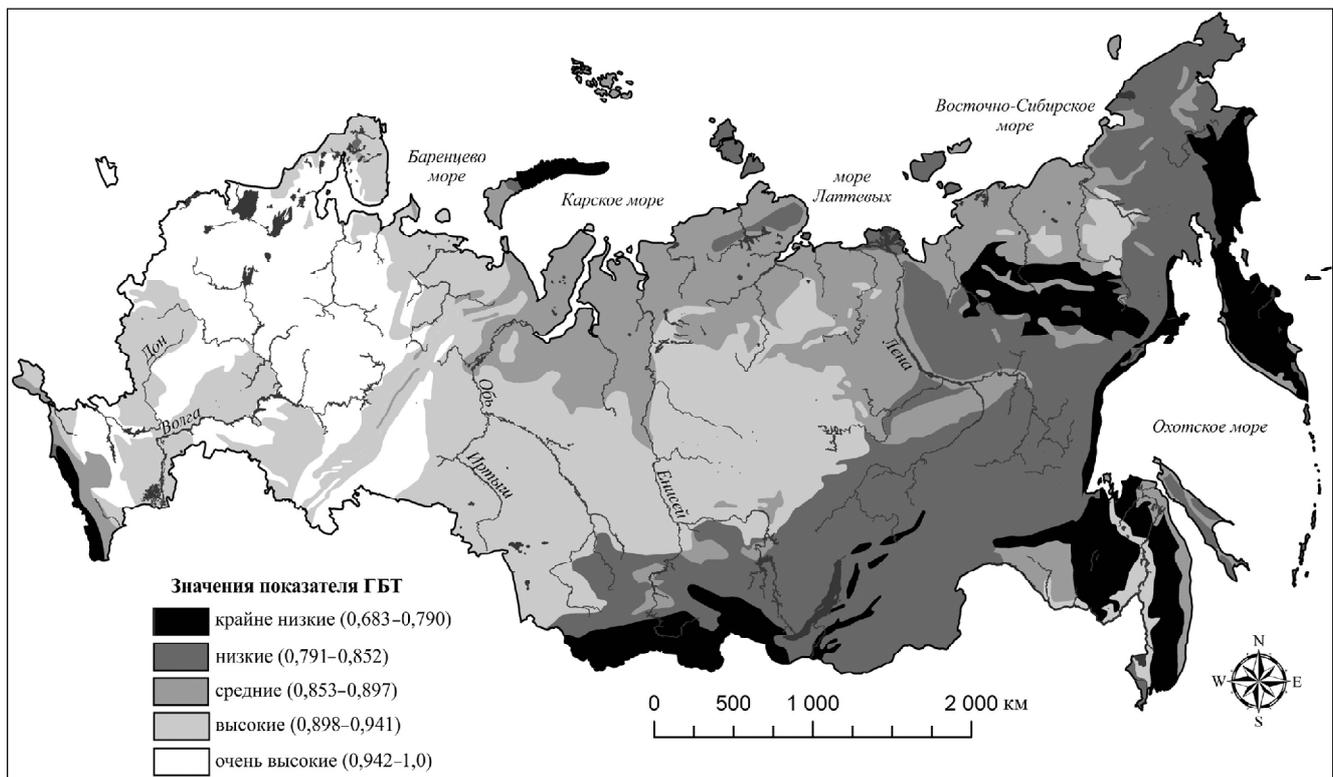


Рис. 1. Результаты комплексной оценки геоморфологической безопасности территории России для хозяйственного освоения в целом  
Fig. 1. The results of the integral assessment of geomorphologic safety of Russia for the overall economic development

ченных в его пределах элементарных территориальных единиц с использованием соответствующих каждому типу природопользования весовых коэффициентов. Полученные значения показателей ГБТ для каждого типа природопользования в отдельности сгруппированы методом оптимизации Дженкса в 5 классов, соответствующих разной степени эффективности каждого типа использования земель.

Результаты комплексной целевой оценки рельефа отображены на карте (рис. 2) и позволяют заключить, что наиболее безопасно размещены (с точки зрения вероятности ущерба для хозяйства от действия опасных геоморфологических процессов) се-

падной Сибири, где частота проявления и интенсивность опасных геоморфологических процессов сравнительно высокие, в результате чего здесь происходит существенное удорожание строительства и эксплуатации объектов [Мягков, 1995].

Сравнительный анализ показывает, что районы старого освоения (на европейской территории России) в целом более гармонично вписаны в рельеф, чем сибирские регионы. На юге Западной и Восточной Сибири, а также Дальнего Востока крупные селитебные центры тяготеют к ресурсным областям, которым присуща низкая степень геоморфологической безопасности. Целевая оценка

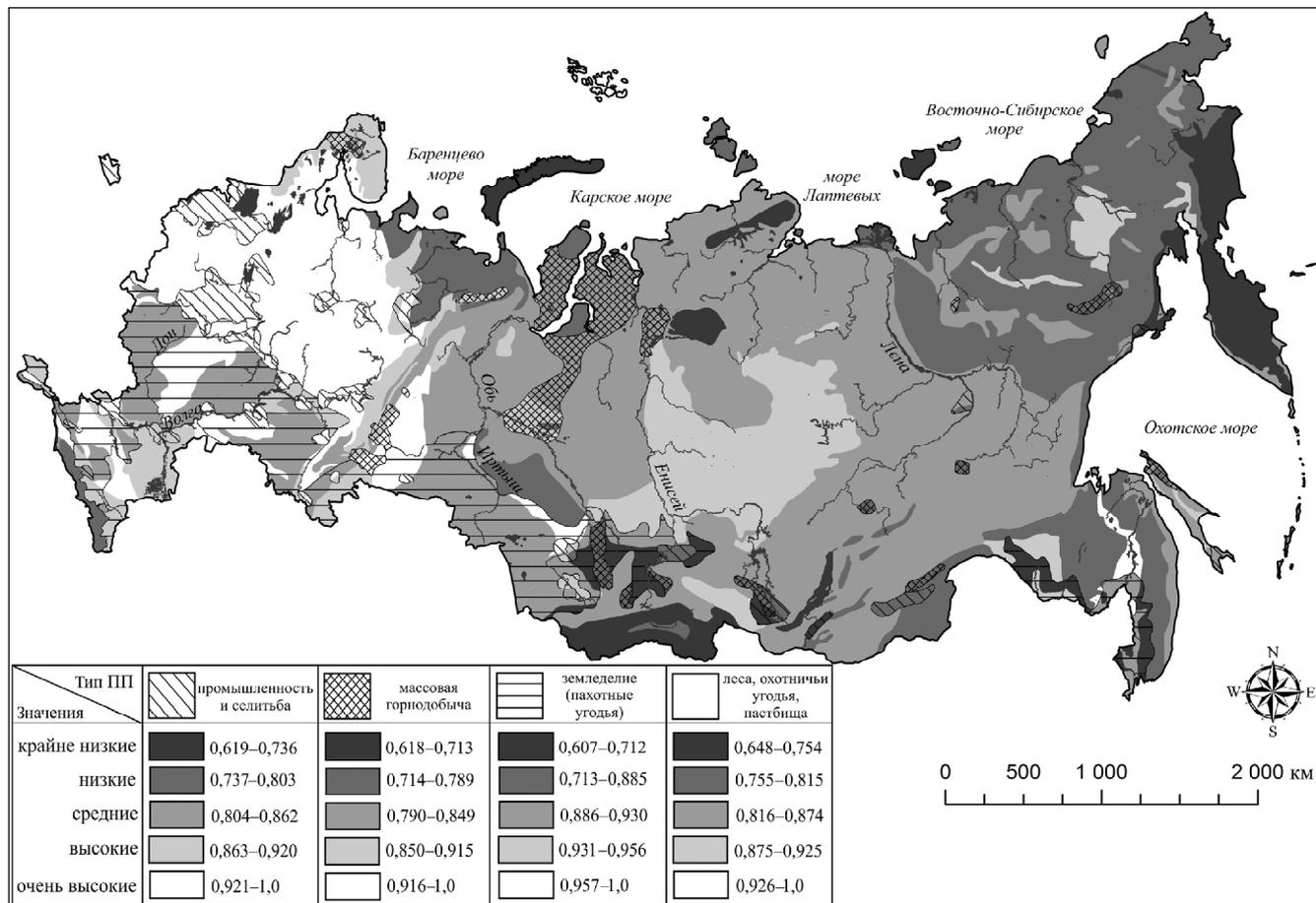


Рис. 2. Результаты комплексной оценки геоморфологической безопасности территории России для основных типов природопользования (см. в таблице значения показателя геоморфологической безопасности для разных типов природопользования)

Fig. 2. The results of the integral assessment of geomorphologic safety of Russia for the principal types of present-day land use. The table shows the values of the complex index of geomorphologic safety for different types of land use

литебные и промышленные земли, а также пахотные угодья, в то время как районы массовой горнодобычи приурочены к менее безопасным участкам. Низкий уровень геоморфологической безопасности в районах массовой горнодобычи связан с приуроченностью месторождений полезных ископаемых либо к горным сильнорасчлененным территориям с высокой сейсмической интенсивностью, либо к участкам развития многолетнемерзлых грунтов. Так, наименьшая эколого-экономическая эффективность с точки зрения свойств рельефа свойственна горнодобывающим областям Прибайкалья и севера За-

рельефа позволяет выявить территории с разной эколого-экономической эффективностью ведущего типа природопользования с точки зрения геоморфологических угроз. Участки с низкими значениями комплексного показателя ГБТ нуждаются в повышенном внимании при проектировании и мониторинге природно-хозяйственных систем, они же относятся к районам с максимальным числом чрезвычайных ситуаций природного происхождения [Мягков, 1995].

**Выводы:**

– методика комплексной оценки рельефа с использованием интегрального показателя геоморфологичес-

кой безопасности позволяет на качественном уровне оценить перспективность освоения и эффективность разных типов природопользования для конкретной территории с точки зрения реальных и потенциальных геоморфологических угроз. С помощью расчетного интегрального показателя можно выявить территории, нуждающиеся в мониторинге и контроле за функционированием природно-хозяйственных систем. Результаты оценки позволяют обоснованно проводить сравнительную характеристику регионов по степени уязвимости в отношении деятельности процессов морфолитоге-неза. Разработанная методика комплексной целевой оценки рельефа ориентирована на повышение эффективности хозяйствования и, наряду с прочими приемами качественной оценки природных (в том числе геоморфологических) опасностей и рисков, может быть использована для целей стратегического управления природопользованием;

– по результатам выполненной комплексной мелкомасштабной оценки рельефа для целей хозяйствования можно заключить, что к наиболее безопасным территориям (с точки зрения реальных и потенциальных геоморфологических угроз) для хозяйственного освоения в целом относятся центральная и северная части Восточно-Европейской равнины, Зауральская и Азово-Кубанская равнины. Наименее безопасны по тем же соображениям горные районы Дальнего Востока (Коряжское нагорье, п-ов Камчатка, Сихотэ-Алинь, хр. Черского, Буреинский хребет), межгорные котловины Забайкалья, Алтайские горы и Большой Кавказ;

– результаты целевой оценки рельефа позволяют выделить территории, где селитебное и промышленное природопользование будут наиболее эффективны и геоморфологически безопасны (Азово-Кубанская равнина, центральная часть Восточно-Европейской равнины), а также территории, где этот тип хозяйствования более всего подвержен геоморфологическим опасностям разного рода (южное побережье Крыма, северные предгорья Большого Кавказа, межгорные котловины и впадины Саян и Забайкалья). Для районов массовой горнодобычи тоже характерна разная степень геоморфологической безопасности – наиболее высокие значения интегрального показателя характерны для Уральского региона, а также для центральной части Западно-Сибирской равнины; наименьшие – для Прибайкалья и Забайкалья, северной части Западно-

Сибирской равнины и др. Наиболее безопасно с точки зрения реальных и потенциальных геоморфологических угроз расположены пахотные угодья в пределах Окско-Донской, Зауральской и Азово-Кубанской равнин. Наименьшие значения показателя геоморфологической безопасности характерны для пахотных угодий Ставропольской возвышенности, а также для Салаирского кряжа и Кузнецкого Алатау. Для целей пастбищного, лесного и охотничьего хозяйства наиболее геоморфологически безопасны центральная и северная части Восточно-Европейской равнины и Среднесибирское плоскогорье; наименее безопасны – плато Путорана, Большой Кавказ и Алтай, горы Камчатки, Сихотэ-Алинь;

– в некоторых случаях (особенно в условиях дефицита времени) экспресс-оценку геоморфологической безопасности территории можно выполнить по упрощенной схеме – по принципу «лимитирующего фактора». Тогда выделяются территории, заведомо опасные из-за наличия или потенциальной возможности какого-либо опасного геоморфологического процесса (или комплекса неблагоприятных процессов), и относительно геоморфологически безопасными признаются территории вне этого ареала;

– результаты комплексной оценки геоморфологической безопасности России на федеральном уровне могут быть использованы для обоснования стратегических проектных решений, создания региональных рейтингов благоприятности инвестиционного климата и пр. Установленные закономерности изменения показателя ГБТ в общих чертах отражают интенсивность современных процессов морфолитоге-неза и степень геоморфологического риска (под геоморфологическим риском понимается вероятность ущерба, связанного с действием опасных и неблагоприятных геоморфологических процессов, а под ущербом – оцененные в физических единицах стоимости потери от действия опасных процессов, в данном случае геоморфологических);

– представление результатов в виде цифровых показателей удобно для восприятия неспециалистами и понятно потребителям геоморфологической информации. Комплексная оценка рельефа для целей природопользования актуальна не только для органов государственного управления, но и для частных землепользователей, заинтересованных в повышении эффективности хозяйствования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Азгальдов Г.В., Райхман Э.П.* О квалиметрии. М.: Изд-во стандартов, 1973. 172 с.

*Басаликас А.Б.* Отображение социально-экономических и природных факторов в функционально направленной антропогенезации ландшафтов (на примере Литвы) // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1977. № 1. С. 108–115.

*Битюкова В.Р.* Эволюция региональной структуры экологической ситуации в России 1990–2008 гг. Ч. 1. Методика комплексной оценки экологической ситуации // Экология и промышленность России. 2010. № 9. С. 2–9.

*Битюкова В.Р., Кириллов П.Л.* Методы комплексной оценки региональных различий экологической напряжен-

ности в России // Региональные исследования. 2011. № 1. С. 56–69.

*Болысов С.И., Бредихин А.В., Еременко Е.А.* Основы концепции геоморфологической безопасности // Экзогенные рельефообразующие процессы: результаты исследований в России и странах СНГ: Мат-лы XXXIV пленума Геоморфологической комиссии РАН. Волгоград, 2014. С. 19–25.

Геологическая карта России и прилегающих акваторий. Масштаб 1:10 000 000 / Под ред. Р.И. Соколова, Б.Г. Лопатина, И.М. Гашева. СПб.: ФГУП «ВСЕГЕИ», 1995.

*Готванский В.И., Лебедева Е.В.* Влияние природных и антропогенных факторов на напряженность геоморфологических

процессов на Дальнем Востоке // Геоморфология. 2010. № 2. С. 26–36.

*Еременко Е.А., Беляев Ю.Р., Бредихин А.В., Большов С.И.* Комплексная оценка геоморфологической безопасности полуострова Ломоносова (Японское море) для целей строительства / Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт нефтегурска. Т. 2. Владивосток: Дальнаука, 2015а. С. 311–315.

*Еременко Е.А., Беляев Ю.Р., Большов С.И.* и др. Геоморфологическая безопасность территорий сельскохозяйственного назначения (на примере северной части Подольского района Московской области) // Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике: Всеросс. конф. VII Щукинские чтения. М.: МАКС Пресс. 2015б. С. 564–568.

*Заплатинский В.М.* Терминология науки о безопасности // Zbornik prispevkov z mednarodnej vedeckej konferencie «Bezpečnostna veda a bezpečnostne vzdelanie». Liptovskij Mikulas, AOS v Liptovskom Mikulasi, 2006.

*Зворыкин К.В.* Географическая концепция природопользования // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1993. № 3. С. 3–15.

*Злотина Л.В., Чалов Р.С.* Интегральная оценка экологического состояния европейской территории России // Проблемы оценки экологической напряженности европейской территории России: факторы, районирование, последствия. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. С. 117–123.

*Исаченко А.Г.* Ландшафты СССР. Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. 320 с.

*Ковалев В.В., Волкова А.Н.* Анализ хозяйственной деятельности предприятия. М.: ТК Велби, 2002. 424 с.

*Королев В.А.* Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: КДУ, 2007. 416 с.

*Кружалин В.И., Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю.* Человек, общество, рельеф: основы социально-экономической геоморфологии. М.: Диалог культур, 2004. 120 с.

*Кузьмин С.Б.* Оценка геоморфологической опасности и риска хозяйственного освоения горных территорий // География и природные ресурсы. 1999. № 2. С. 36–41.

*Кузьмин С.Б.* Опасные геоморфологические процессы и риск природопользования. Новосибирск: ГЕО, 2009. 195 с.

*Лихачева Э.А., Шварев С.В., Аникина Н.В.* Геоморфологическая оценка территориальных ресурсов Новой Москвы // Геоморфология. 2015. № 1. С. 77–87.

*Милановский Е.Е.* Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. 448 с.

*Мягков С.М.* География природного риска. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 224 с.

Национальный атлас России. Т. 2. Природа и экология. М.: ФГУП «Госгисцентр», 2006. 495 с.

Национальный атлас России. Т. 3. Население. Экономика. М.: ФГУП «Госгисцентр», 2008. 496 с.

*Панин А.Н., Тикунов В.С., Фурицик М.А.* Геоинформационное обеспечение туризма в России: подходы, методы, технология. М.: Диалог культур, 2014. 80 с.

*Прачев С.В., Зайцева Е.И.* Опыт строительства полиэтиленовых газопроводов в условиях вечной мерзлоты // Газ России. 2011. № 1. С. 68–69.

*Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 639 с.

Рельеф Земли (морфоструктура и морфоскульптура) / Отв. ред. И.П. Герасимов, Ю.А. Мещеряков. М.: Наука, 1967. 330 с.

*Рунова Т.Г., Волкова И.Н., Нефедова Т.Г.* Территориальная организация природопользования. М.: Наука, 1993. 208 с.

*Улюмов В.И.* Общее сейсмическое районирование территории России и сопредельных стран – ОСП-97 (комплект карт). М.: ОИФЗ, 1998. 28 с.

Поступила в редакцию 08.10.2015  
Принята к публикации 25.01.2016

**S.I. Bolysov<sup>1</sup>, A.V. Bredikhin<sup>2</sup>, E.A. Eremenko<sup>3</sup>**

#### INTEGRAL SMALL-SCALE ASSESSMENT OF THE GEOMORPHOLOGIC SAFETY OF RUSSIA

Non-conflicting functioning of natural and natural-technogenic systems in Russia requires the strategic planning of nature management, which should be based on both the results of complex assessment of natural risks (including geomorphologic ones) and the evaluation of territorial sustainability for different types of economic activity. The type and intensity of landform morphology transformation within a particular area determine the degree of stability of the socio-geomorphologic systems, and, as a result, the degree of geomorphologic safety of the territory. A complex index is suggested for the assessment of geomorphologic safety, which aggregates multiple indicators of landform morphology and relief formation features with due account of their importance for different types of nature management. The proposed algorithm of relief total evaluator for the nature management purposes allows a qualitative assessment of the prospects of development and the ecological-economic efficiency of different types of nature management for a particular territory in terms of real and potential geomorphologic threats. Application of the integral index makes it possible to indicate territories which require monitoring and control of the functioning of nature-economic systems. The results of the integral assessment of the geomorphologic safety of Russia could be used as a basis for the elaboration of strategic decisions at the federal level, rating the regions according to the favorability of the investment environment, etc.

*Keywords:* the degree of geomorphologic safety, complex index, assessment of relief for the nature management purposes

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Palaeogeography, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: sibol1954@bk.ru

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Palaeogeography, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: avbredikhin@yandex.ru

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Palaeogeography, Leading Research Scientist, PhD. in geography; e-mail: eremenkoeaig@gmail.com

## REFERENCES

- Azgal'dov G.V., Rajhman Je.P.* O kvalimetrii [Qualimetry]. Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1973. 172 p. (in Russian).
- Basalikas A.B.* Otobrazhenie social'no-jekonomicheskikh i prirodnykh faktorov v funktsional'no napravlennoy antropogenizatsii landshaftov (na primere Litvy) [Reflection of the socio-economic and environmental factors in the functional areas of anthropogenic landscapes (the example of Lithuania)], *Izvestiya AN SSSR, Ser. geogr.*, 1977, no 1, pp. 108–115 (in Russian).
- Bitjukova V.R.* Jevoljucija regional'noj struktury jekologicheskoy situatsii v Rossii 1990–2008 gg. Chast' 1. Metodika kompleksnoj ocenki jekologicheskoy situatsii [The evolution of the regional structure of the environmental situation in Russia in 1990–2008. P. 1: Methods of a complex assessment of the environmental situation], *Jekologija i promyshlennost' Rossii*, 2010, no 9, pp. 2–9 (in Russian).
- Bitjukova V.R., Kirillov P.L.* Metody kompleksnoj ocenki regional'nykh razlichij jekologicheskoy naprjazhennosti v Rossii [Methods for a complex assessment of regional differences in ecological tension in Russia], *Regional'nye issledovaniya*, 2011, no 1, pp. 56–69 (in Russian).
- Bolysov S.I., Bredihin A.V., Eremenko E.A.* Osnovy koncepcii geomorfologicheskoy bezopasnosti [The concept of geomorphological security], *Jekzogennye rel'efoobrazujushhie processy: rezul'taty issledovaniy v Rossii i stranah SNG. Materialy XXXIV Plenuma Geomorfologicheskoy komissii RAN, Volgograd*, 2014, pp. 19–25 (in Russian).
- Eremenko E.A., Beljaev Ju.R., Bredihin A.V., Bolysov S.I.* Kompleksnaya ocenka geomorfologicheskoy bezopasnosti poluostrova Lomonosova (Japonskoe more) dlja celej stroitel'stva [Complex assessment of geomorphological safety of Lomonosov Peninsula (Japanese Sea) for the purpose of construction], *Geodinamicheskie processy i prirodnye katastrofy. Opyt Neftegorsk. Vol. 2, Vladivostok, Dal'nauka*, 2015a, pp. 311–315 (in Russian).
- Eremenko E.A., Beljaev Ju.R., Bolysov S.I.* idr. Geomorfologicheskaja bezopasnost' territorij sel'skohozjajstvennogo naznacheniya (na primere severnoj chasti Podol'skogo rajona Moskovskoj oblasti) [Geomorphological safety of agricultural land (the example of the northern part of Podolsky District)], *Geomorfologicheskie resursy i geomorfologicheskaja bezopasnost': ot teorii k praktike: Vserossijskaja konferencija VII Shhukinskie chteniya*, Moscow, MAKS Press, 2015b, pp. 564–568 (in Russian).
- Geologicheskaja karta Rossii i priliegajushhih akvatorij* [Geological map of Russia and the adjacent seas]. Masshtab 1:10 000 000, pod red. R.I. Sokolova, B.G. Lopatina, I.M. Gasheva, FGUP «VSEGEI», 1995 (in Russian).
- Gotvanskij V.I., Lebedeva E.V.* Vlijanie prirodnykh i antropogennykh faktorov na naprjazhennost' geomorfologicheskikh processov na Dal'nem Vostoke [Influence of natural and anthropogenic factors on the intensity of geomorphological processes in the Far East of Russia], *Geomorfologija*, 2010, no 2, pp. 26–36 (in Russian).
- Isachenko A.G.* Landshafty SSSR [Landscapes of the USSR], Leningrad, Izd-vo LGU, 1985, 320 p. (in Russian).
- Korolev V.A.* Monitoring geologicheskikh, litotekhnicheskikh i jekologo-geologicheskikh sistem [Monitoring of geological, litotechnical and ecological and geological systems], Pod red. V.T. Trofimova, Moscow, KDU, 2007, 416 p. (in Russian).
- Kovalev V.V., Volkova A.N.* Analiz hozjajstvennoj dejatel'nosti predpriyatija [Analysis of economic activity of the enterprise], Moscow, TK Velbi, 2002, 424 p. (in Russian).
- Kruzhalin V.I., Simonov Ju.G., Simonova T.Ju.* Chelovek, obshhestvo, rel'ef: osnovy social'no-jekonomicheskoy geomorfologii [Society, the relief: foundations of the socio-economical geomorphology], Moscow, Dialog kul'tur, 2004, 120 p. (in Russian).
- Kuz'min, S.B.* Ocenka geomorfologicheskoy opasnosti i riska hozjajstvennogo osvoeniya gornyh territorij [The assessment of geomorphological hazards and risks of the economic development within mountain areas], *Geografija i prirodnye resursy*, 1999, no 2, pp. 36–41 (in Russian).
- Kuz'min S.B.* Opasnye geomorfologicheskie processy i risk prirodopol'zovanija [Hazardous geomorphological processes and the risk of land-use], Novosibirsk, GEO, 2009, 195 p. (in Russian).
- Lihacheva Je.A., Shvarev S.V., Anikina N.V.* Geomorfologicheskaja ocenka territorial'nykh resursov Novoj Moskvy [Geomorphological assessment of the territorial resources of New Moscow], *Geomorfologija*, 2015, no 1, pp. 77–87 (in Russian).
- Milanovskij E.E.* Geologija Rossii i blizhnego zarubezh'ja (Severnoj Evrazii) [Geology of Russia and adjacent territories (Northern Eurasia)], Moscow, Izd-vo MGU, 1996, 448 p. (in Russian).
- Mjagkov S.M.* Geografija prirodnogo riska [The geography of natural risks], Moscow, Izd-vo MGU, 1995, 224 p. (in Russian).
- Nacional'nyj atlas Rossii. Vol. 2. Priroda i jekologija* [The National Atlas of Russia. Vol. 2. The nature and ecology], Moscow, FGUP «Gosgiszentr», 2006, 495 p. (in Russian).
- Nacional'nyj atlas Rossii. Vol. 3. Naselenie. Jekonomika* [The National Atlas of Russia. Vol. 3. Population. Economy], Moscow, FGUP «Gosgiszentr», 2008, 496 p. (in Russian).
- Panin A.N., Tikunov V.S., Furshhik M.A.* Geoinformacionnoe obespechenie turizma v Rossii: Podhody, metody, tehnologija [Databases for tourism in Russia: approaches, methods, technology], Moscow, Dialog kul'tur, 2014, 80 p. (in Russian).
- Prachev S.V., Zajceva E.I.* Opyt stroitel'stva polijetilenovykh gazoprovodov v uslovijah vechnoj merzloty [Experience in construction of polyethylene pipelines in the permafrost], *Gaz Rossii*, 2011, no 1, pp. 68–69 (in Russian).
- Rejmers N.F.* Prirodopol'zovanie: slovar'-spravochnik [Land-use (dictionary)], Moscow, Mysl', 1990, 639 p. (in Russian).
- Rel'ef Zemli (morfostruktura i morfoskul'ptura)* [Relief of the Earth (morphostructure and morphosculpture)], otv. red. I.P. Gerasimov, Ju.A. Meshherjakov, Moscow, Nauka, 1967, 330 p. (in Russian).
- Runova T.G., Volkova I.N., Nefedova T.G.* Territorial'naja organizacija prirodopol'zovanija [Territorial organization of land-use], Moscow, Nauka, 1993, 208 p. (in Russian).
- Ulomov V.I.* Obshee sejsmicheskoe rajonirovanie territorii Rossii i sopredel'nykh stran – OSR-97 (komplekt kart) [General seismic zoning of Russia and neighboring countries (set of maps)], Moscow, OIFZ, 1998, 28 p. (in Russian).
- Zaplatsinskij V.M.* Terminologija nauki o bezopasnosti [Safety: terminology], *Zbornik prispevkov z medzinarnodnej vedeckej konferencie «Bezhecnostna veda a bezpecnostne vzdelanie»*. Liptovsky Mikulas, AOS v Liptovskom Mikulasi, 2006 [in Slovak].
- Zlotina L.V., Chalov R.S.* Integral'naja ocenka jekologicheskogo sostojanija Evropejskoj territorii Rossii [Complex assessment of the ecological state of the European territory of Russia], *Problemy ocenki jekologicheskoy naprjazhennosti Evropejskoj territorii Rossii: factory, rajonirovanie, posledstvija*, Moscow, Izd-vo MGU, 1996, pp. 117–123 (in Russian).
- Zvorykin K.V.* Geograficheskaja koncepcija prirodopol'zovanija [The geographical concept of land-use], *Vestnik MGU, Ser. 5, Geografija*, 1993, no 3, pp. 3–15 (in Russian).

Received 08.10.2015

Accepted 25.01.2016