

УДК 502.5+504.4+551.4.044

DOI: 10.23671/VNC.2015.2.55265

ДЕТАЛИЗАЦИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОЦЕНОК ПОДВЕРЖЕННОСТИ ГЕОСИСТЕМ ОПАСНЫМ ПРИРОДНЫМ ПРОЦЕССАМ: ВОПРОСЫ РЕАЛИЗАЦИИ, ИНТЕРПРЕТАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

© 2015 П.Е. Марченко, д.т.н.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук Центр географических исследований, 360002, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2,
e-mail: kbncran@mail.ru

В соответствии с авторской методологией численной интегральной оценки степени подверженности геосистем опасным природным процессам, опирающейся на геоинформационные модели и методы, получены и представлены в картографической форме интегральные оценки фактической природной опасности геосистем Кабардино-Балкарской Республики, отличающиеся степенью детализации при изменении размеров анализируемых геотаксонов.

Ключевые слова: опасный природный процесс, геотаксон, фактическая природная опасность геотаксона, интегральная оценка фактической природной опасности геотаксона.

Развиваемая автором методология численной интегральной оценки степени подверженности геосистем опасным природным (природно-техногенным) процессам [Анисимов и др., 2012; Марченко, 2008а-в, 2009а, б, 2010а-в, 2011, 2014а-в], опирающаяся на геоинформационные модели и методы, определяет основным элементом структурирования (модельного структурирования) геосистем, представления и анализа геоинформации о подверженности геосистем (территориальных систем) совокупности опасных природных процессов (ОПП) геотаксон [Марченко, 2010б, в] – определённую площадь земной поверхности, на которой задается перечень и характеристики ОПП (возможно, с учетом дифференцирования, например, по сезонам года, месяцам и т. п.) и которой ставится во взаимно-однозначное соответствие определенное интегральное численное значение, характеризующее степень её опасности.

Ранее на основании теоретических исследований и комплекса модельных экспериментов нами доказана универсальность разрабатываемой методологии с точки зрения возможностей учета временных, пространственных характеристик ОПП, конфигураций их воздействия на геосистемы, применения методологии для получения интегральных оценок опасности практически любой степени детализации [Марченко, 2008а, в, 2009а, 2010а, в, 2011].

Именно вопросы получения численных интегральных оценок степени подверженности геосистем совокупности ОПП различной степени детализации, их интерпретации и будут рассмотрены в настоящей статье.

Очевидно, что размеры анализируемых при реализации методологии на практике геотаксонов определяются задачами, стоящими перед исследователем и необ-

ходимой степенью детализации получаемых результатов. Ниже, рассматривая вопросы интерпретации полученных результатов, мы рассмотрим указанные позиции более подробно.

На примере Кабардино-Балкарской Республики проиллюстрируем возможности получения оценок подверженности ОПП посредством определения интегральных показателей природной опасности геотаксонов (ИППОГт) различной степени детализации.

Полагаем целесообразным еще раз кратко остановиться на наиболее значимых аспектах представления и анализа информации об опасных природных процессах при анализе геосистем с точки зрения их подверженности ОПП.

В соответствии с методологией анализируемая геосистема (территориальная система) разбивается на определенное число геотаксонов равной площади и, как правило, квадратной формы. В свою очередь, при определении интегрального показателя природной (природно-техногенной) опасности геотаксона (ИППОГт) последний разбивается на определенное количество квадратных ячеек, при этом вся имеющаяся информация по степени опасности ОПП в каждой ячейке геотаксона соотносится к точкам (узлам), совпадающим с центрами ячеек [Марченко, 2008а-в, Марченко, 2009б, 2010б]. На основании теоретических исследований [Марченко, 2009б, 2010б] было доказано, что непременным условием, определяющим корректность вычислений ИППОГт, является равномерность распределения расчетных узлов по геотаксону и равенство площадей ячеек, на которые разбивается геотаксон. Как показано нами ранее [Марченко, 2009б, 2010б, 2014в], как правило, наиболее оптимальным является число узлов в геотаксоне равное 16, 25. Реализация описанной выше процедуры для оценки степени опасности геотаксона приводит к матрице (вектору), элементами которой являются числа, определяющие степень опасности для каждого из узлов этого геотаксона.

Мы обоснованно полагаем [Марченко, 2009б, 2010б], что механизм воздействия ОПП на различные объекты и человека, последствия этого воздействия приводят к вполне очевидному выводу о том, что наиболее объективными показателями, характеризующими ОПП с точки зрения опасности, являются силовые (энергетические), например, величина суммарного давления на объект, плотность потока энергии, выделяемая энергия и т. п. Ниже приведена скорректированная часть разработанной нами ранее более полной таблицы [Анисимов и др., 2012] со шкалой критических значений суммарного давления ОПП и соответствующих баллов при разрушении хозяйственных и природных объектов с учетом перечня анализируемых в данной работе ОПП и степени воздействия на объекты при их возможном проявлении на территории КБР, которая использовалась при определении ИППОГт.

Следуя методологии, вычисление ИППОГт осуществляется посредством определения нормы вектора, элементами которого являются показатели опасности расчетных узлов геотаксона [Марченко, 2008б, в, 2009б, 2010б]:

$$D_n = \frac{1}{M} \left(\sum_{i=1}^m \beta_i^n \right)^{1/n}, \quad (1)$$

где β_i – значение опасности в узле i в баллах, взаимно-однозначно связанное с соответствующими значениями шкалы суммарных давлений из таблицы, m – коли-

чество узлов, подвергающихся воздействию ОПП; M – общее количество расчетных узлов геотаксона; $n=2$ (евклидова норма).

Учёт одновременного воздействия на i -й узел N ОПП осуществляется применением формулы:

$$\beta_i = \sum_{j=1}^N \beta_{i,j}. \quad (2)$$

Как отмечалось ранее [Марченко, 2009б, 2010б, 2014а], при анализе той или иной геосистемы с точки зрения подверженности ее ОПП, необходимо учитывать зависимость оценок, помимо пространственного распределения ОПП на анализируемой территории, от характеристик фактического и потенциально возможного проявления опасных процессов, то есть речь может идти о следующих вариантах:

– определение интегральных показателей фактической природной опасности для данной геосистемы или геотаксона за конкретно указанный промежуток времени;

– определение интегральных показателей потенциальной природной опасности для данной геосистемы или геотаксона, когда рассматривается потенциально возможное проявление опасных природных процессов (или их совокупности) с определёнными характеристиками, в принципе, по совокупности условий, способствующих развитию ОПП; при этом во внимание принимаются как фактически имевшие место проявления ОПП, так и экспертные оценки возможного их проявления.

При этом, как в первом, так и во втором случаях можно рассматривать дополнительно и дифференциацию оценок по сезонам (например, летний и зимний). Отметим при этом некоторую условность разделения сезонов на лето и зиму при определении сезонных интегральных показателей опасности, так как в реальности возможны реализации, например, снежных лавин на протяжении периода осень-зима-весна, в то же время реализации, например, селей, паводков, оползней возможны в период весна-лето-осень. Тем не менее, возможное выделение сезонной опасности в отдельную категорию обусловлено, в том числе и тем, что синергетическое проявление таких, например, ОПП, как снежные лавины и сели, вряд ли можно считать высоковероятным, так же, как и синергетическое проявление снежных лавин и оползней с паводками. Однако, ситуация с синергетическим проявлением селей и паводков; селей, оползней и паводков; оползней и паводков вполне реализуема на территории КБР с достаточно высокой вероятностью.

Проиллюстрируем применение геоинформационной методологии для детализации интегральных оценок подверженности геосистем совокупности ОПП на примере интегральных показателей фактической природной опасности геотаксонов. В данный анализ были включены имевшие место фактические проявления опасных природных процессов в летний период для селей, паводков и оползней. Для проведения необходимых расчетов в рамках методологии была проведена инвентаризация и созданы базы данных о реализациях наиболее значимых для территории КБР опасных природных процессов экзогенного генезиса (сели, паводки, оползни) за последние 50 лет.

Суть детализации интегральной оценки опасности геосистемы заключается в одновременном пропорциональном уменьшении размеров (площади) всех геотак-

Таблица

**Шкала критических значений суммарного давления ОПП
и соответствующих баллов при разрушении (уничтожении) хозяйственных
и природных объектов.**

№ п/п	Балл	Суммарное давление ОПП, Р, 10 ⁵ Па	Примеры хозяйственных и природных объектов в зоне поражения ОПП
1.	1	0,05	Разрушение стекол, оконных рам, дверей; изгородей; слом ветвей деревьев.
2.	2	0,5	Разрушение деревянных зданий, слом молодых деревьев.
3.	3	1,0	Разрушение: бескаркасных кирпичных зданий с покрытием из ж/б элементов, малоэтажных и многоэтажных (три этажа и более); резервуаров для хранения нефте- и хим-продуктов.
4.	4	1,5	Разрушение зданий каркасного типа с легким заполнением; зданий со стальными и ж/б каркасами; кирпичных зданий с покрытием из ж/б элементов; зданий тяговых подстанций, фидерных, трансформаторных; воздушных ЛЭП; деревянных низководных мостов; водонапорных башен; антенных устройств; слом стволов деревьев.
5.	5	3,0	Разрушение зданий из сборного ж/б; складов-навесов из ж/б элементов; воздушных высоковольтных ЛЭП; трубопроводов на металлических и ж/б эстакадах; кабельных подземных линий связи; слом старого леса.

сонов по отношению к некоей первоначальной позиции и, соответственно, увеличении их числа на анализируемой территории.

Результаты определения интегральных показателей фактической природной опасности территории Кабардино-Балкарской Республики для летнего сезона и четырех вариантов размеров анализируемых геотаксонов – 20×20 км (40 геотаксонов – эту позицию можно считать исходной), 10×10 км (161 геотаксон), 5×5 км (644 геотаксона), 100×100 м (27 геотаксонов для крупномасштабного анализа подверженности селевой опасности села Верхний Баксан КБР) в картографической форме с описанием соответствия цветовой засветки численным значениям показателей опасности, определенными в соответствии с формулами (1) – (2), представлены ниже на рисунках 1–4.

Анализ имеющихся данных о подверженности территории КБР опасным природным процессам совместно с представленными на рисунке результатами позволяет сделать ряд, на наш взгляд, важных и значимых выводов, касающихся и получения тех или иных интегральных оценок степени подверженности геосистем ОПП различной степени детальности, и интерпретации полученных результатов.

Говорить однозначно в отношении рис. 1–3, что более (или менее) детальное представление геосистемы соответствующим числом анализируемых геотаксонов,

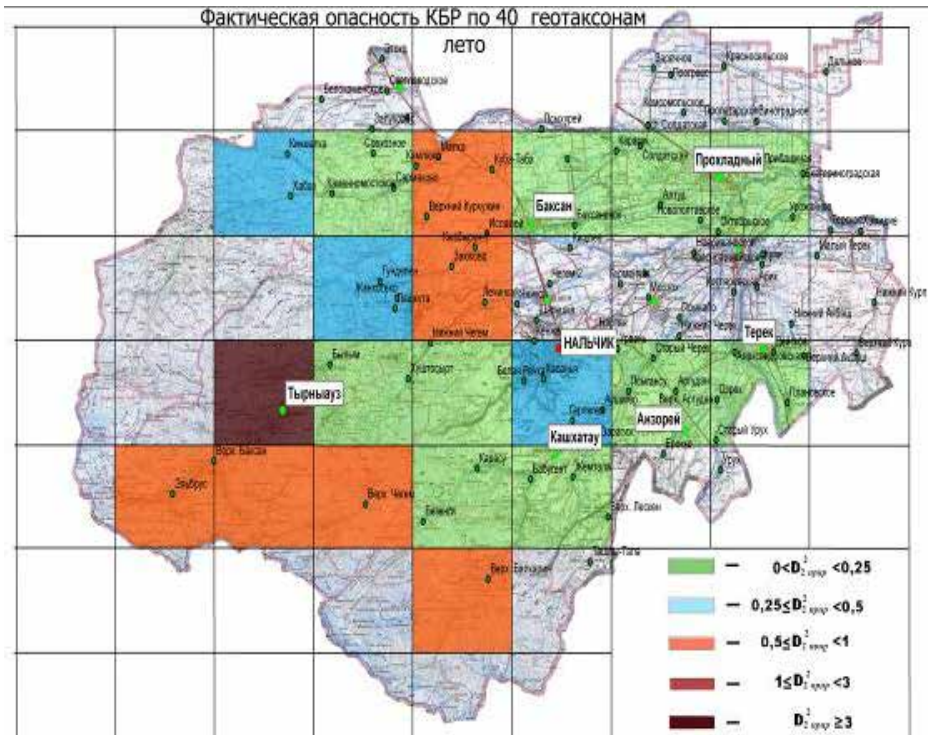


Рис. 1. Сезонные (лето) интегральные показатели фактической опасности природных процессов для геотаксонов, составляющих территорию Кабардино-Балкарской Республики. Основой для расчетов являлись: формулы (1) – (2), балльные оценки опасности по данным таблицы. Анализ территории КБР по 40 геотаксонам. Учитывались следующие ОПП: сели, паводки, оползни.

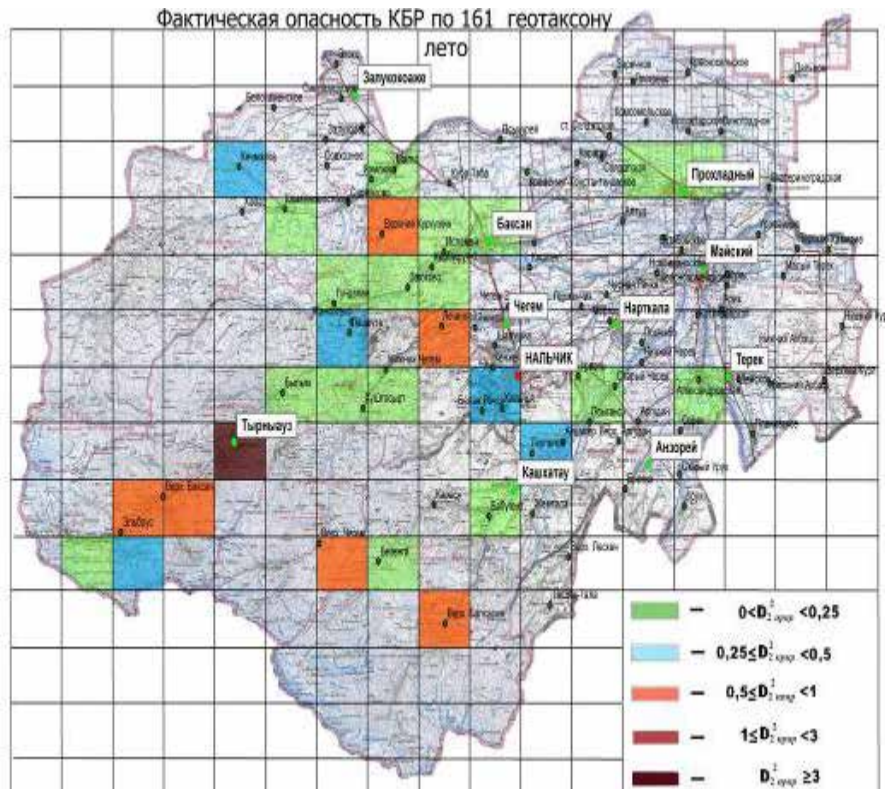


Рис. 2. Сезонные (лето) интегральные показатели фактической опасности природных процессов для геотаксонов, составляющих территорию Кабардино-Балкарской Республики. Основой для расчетов являлись: формулы (1) – (2), балльные оценки опасности по данным таблицы. Анализ территории КБР по 161 геотаксону. Учитывались следующие ОПП: сели, паводки, оползни.

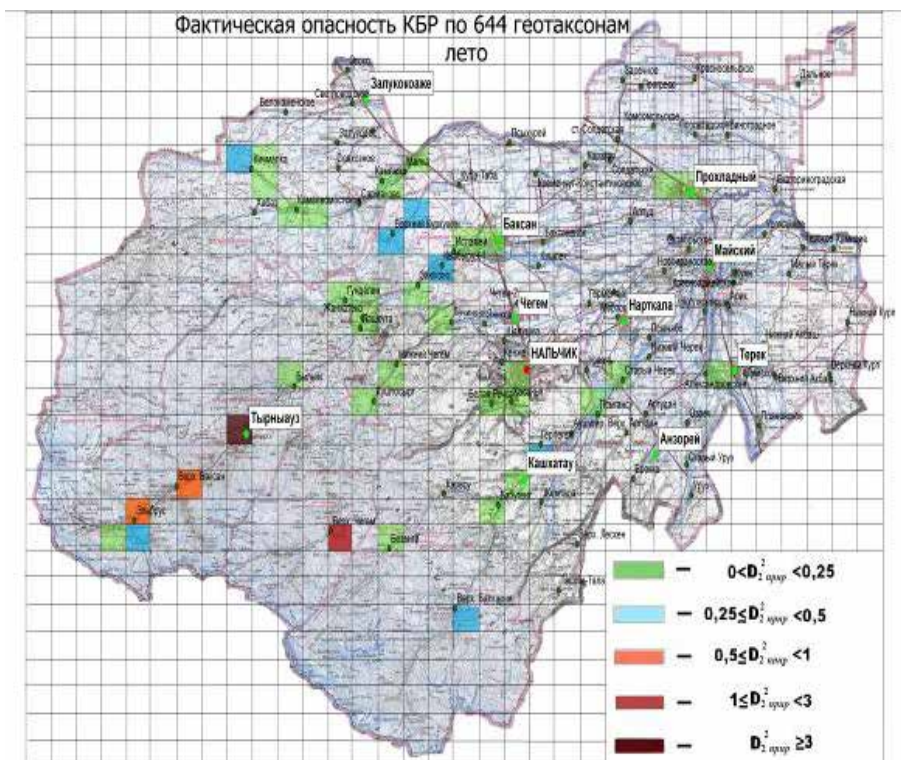


Рис. 3. Сезонные (лето) интегральные показатели фактической опасности природных процессов для геотаксонов, составляющих территорию Кабардино-Балкарской Республики. Основой для расчетов являлись: формулы (1) – (2), балльные оценки опасности по данным таблицы. Анализ территории КБР по 644 геотаксонам. Учитывались следующие ОПП: сели, паводки, оползни.

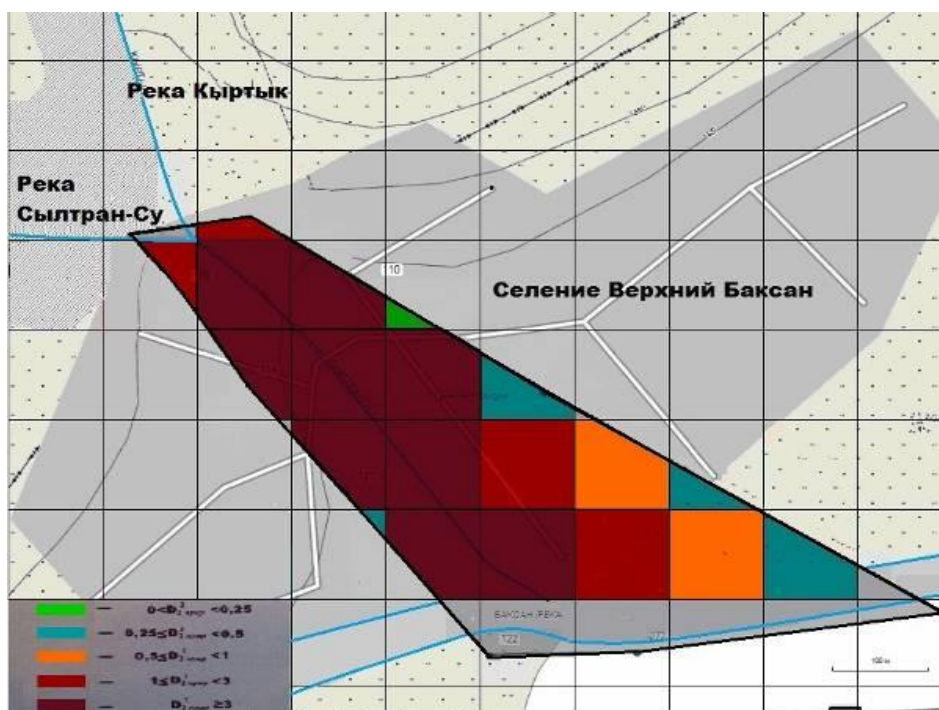


Рис. 4. Интегральные показатели фактической природной опасности (сели) геотаксонов, составляющих часть территории с. Верхний Баксан КБР, находящихся непосредственно в зоне конуса выноса селевых потоков. Основой для расчетов являлись: выражения (1) – (2), балльные оценки опасности в соответствии с таблицей. Площадь конуса выноса оконтурена черной линией. Размеры геотаксонов 100x100 м.

более (или менее) точно, более (или менее) адекватно соотносится с реальной степенью опасности от опасных природных процессов и возможным их синергетическим проявлением, было бы неверно.

Действительно, «отсекание» синергетических эффектов за счет уменьшения размеров анализируемых геотаксонов до масштабов, когда синергетика, в принципе, не может быть учтена, безусловно, приведет к неверным, искусственно заниженным оценкам возможной степени опасности. Вторая крайность – это попытка максимально учесть возможные синергетические эффекты за счет увеличения размеров геотаксонов до масштабов, когда на площади геотаксона возможна реализация максимального для данной геосистемы набора ОПП и связанных с ними синергетических проявлений. Подобный подход также приведет к искажению реальной картины в связи с искусственным, но уже завышением, оценки степени опасности.

Выбор масштабов анализируемых геотаксонов должен определяться прежде всего конкретными задачами исследования. В данной же работе мы ставили задачу проиллюстрировать возможность применения развиваемой методологии для получения разномасштабных оценок территории с точки зрения ее подверженности ОПП.

В принципе, анализ геосистемы на основе достаточно крупных по своим размерам геотаксонов (рис. 1) необходим на первом этапе ее исследования для получения некоторой общей фоновой картины подверженности геосистемы в целом или отдельных ее частей ОПП (в данном случае иллюстрацией подобной оценки может быть первый из представленных рисунков, где размеры геотаксонов 20×20 км, общее число геотаксонов – 40).

Приведем теперь некоторые более детальные пояснения к результатам, представленным на рис. 4. Так как село Верхний Баксан подвержено непосредственному воздействию лишь одного из трех рассматриваемых для летнего сезона ОПП, а именно – селей, то и расчет показателей фактической опасности производился для этого типа ОПП с учетом данных, приведенных в [Джаппуев, Гяургиева, 2015] на основе анализа материалов за последние 150 лет. Соответствие того или иного геотаксона одной из представленных на рисунке пяти градаций обуславливается количеством узлов геотаксона, подверженных воздействию селей и балльной оценкой опасности в каждом из узлов. Вполне естественно, что максимальным значениям опасности (пятая градация) соответствуют геотаксоны, непосредственно примыкающие к руслу реки и расположенные вблизи его. В этом случае практически все узлы геотаксонов, находящиеся внутри оконтуренного конуса выноса имеют максимальные 3-х балльные оценки опасности, что приводит в численном выражении к оценкам опасности $D_{2_{прир.}}^2 = 7 \div 9$. Естественно, что с увеличением расстояния от русла реки, уменьшаются балльные оценки опасности и, соответственно, геотаксоны переходят к более низким по значениям опасности градациям.

Таким образом, представленные на рис. 4 уникальные по своей детализации численные интегральные оценки селевой опасности района с. Верхний Баксан могут уже служить основой для разработки инженерных мероприятий по защите существующей жилой застройки и хозяйственных объектов, а также учитываться при проектировании и строительстве новых объектов.

Литература

1. Анисимов Д.А., Кюль Е.В., Марченко П.Е. Методическое и информационное обеспечение оценки подверженности геосистем опасным экзогенным процессам // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2012. №6. С. 55-63.
2. Джаппуев Д.Р., Гяургиева М.М. Характеристика селевой деятельности в бассейнах рек Кыртык, Сылтран-Су и Адыр-Су за последние 150 лет (район села Верхний Баксан) // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2015. №1. С. 91-96.
3. Марченко П.Е. Результаты моделирования одновременного воздействия на территорию совокупности опасных природно-техногенных процессов // Естественные и технические науки. 2008а. №3. С. 252-257.
4. Марченко П.Е. Основные концептуальные положения интегрального оценивания территорий по степени их подверженности опасным природно-техногенным процессам // Проблемы управления рисками в техносфере. 2008б. Т.7. №3. С. 24-31.
5. Марченко П.Е. Исследование зависимости интегральной оценки опасности территории от площадей и конфигураций воздействия опасных природно-техногенных процессов // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2008 в. №6. С. 93-102.
6. Марченко П.Е. Вопросы сравнения территорий по степени их подверженности опасным природно-техногенным процессам // Известия Высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2009а. №1. С. 101-104.
7. Марченко П.Е. Методологические основы определения интегральных показателей природно-техногенной опасности территорий и их сравнения по степени подверженности опасным процессам. Нальчик: Изд-во КБНЦ РАН. 2009б. 242 с.
8. Марченко П.Е. Проблема оптимальных критериев в задаче сравнения территорий по степени их подверженности опасным природно-техногенным процессам. Нальчик: Изд-во КБНЦ РАН. 2010а. 220 с.
9. Марченко П.Е. Анализ подверженности территориальных систем воздействию опасных природно-техногенных процессов на основе геоинформационных моделей и методов (на примере Кабардино-Балкарской Республики) // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2010б. №3. С. 159-168.
10. Марченко П.Е. Геоинформационные модели и методы интегральной оценки природно-техногенной опасности территориальных систем / Автореф. дисс... доктора техн. наук. Санкт-Петербург. 2010 в. 44 с.
11. Марченко П.Е. Некоторые теоретические аспекты сравнения территориальных систем по степени подверженности опасным природно-техногенным процессам // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2011. №5. С. 82-97.
12. Марченко П.Е. О дифференцированных оценках природной опасности геосистем // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2014а. №3 (59). С. 60-66.
13. Марченко П.Е. Некоторые методические вопросы численной оценки подверженности геосистем опасным природно-техногенным процессам // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2014б. №5. С. 62-69.
14. Марченко П.Е. Вопросы детализации интегральных оценок природной опасности геосистем (на примере Кабардино-Балкарской Республики) // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2014 в. №6. С.86-92.

DOI: 10.23671/VNC.2015.2.55265

**SPECIFICATION OF INTEGRATED ESTIMATES OF
SUSCEPTIBILITY OF GEOSYSTEMS TO NATURAL
DANGEROUS PROCESSES: PROBLEMS OF REALIZATION,
INTERPRETATIONAL ANALYSIS**

© 2015 P.E. Marchenko, Sc. Doctor (Tech.)

Federal state budgetary institution of science Kabardin-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences Center of geographical researches, 360002, KBR, Nalchik, 2, Balkarov street, e-mail: kbncran@mail.ru

According to author's methodology of a numerical integrated assessment of degree of the susceptibility of geosystems to natural hazards basing on geoinformation models and methods, the integrated estimates of the actual natural danger of geosystems of Kabardin-Balkar Republic, differing in extent of specification at change of the sizes of the analyzed geotaxons, are received and presented in a cartographical form.

Keywords: natural dangerous process, geotaxon, actual natural danger of a geotaxon, integrated assessment of the actual natural danger of a geotaxon.