

КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ РИСКИ

Минаев В.А.¹, Дворянкин С.В.², Фаддеев А.О.³, Невдах Т.М.⁴, Ахметшин Т.Р.⁵, Фаддеев А.А.⁶

В статье, применительно к проблеме кибербезопасности, рассматриваются актуальные вопросы геодинамических рисков на примере территории Кипра и прилегающей акватории Средиземного моря. Цель статьи – анализ геодинамических рисков в указанном регионе, построение адекватных моделей их оценки, а также обоснование индикаторов геодинамической опасности. Построена вероятностная модель, описывающая последовательность геодинамических состояний геологической среды исследуемой территории и удовлетворяющая условиям независимости, однородности и ординарности потоков событий. Дано ее описание в виде дифференциальных уравнений Колмогорова. На основе модели получено эквипотенциальное распределение геодинамического риска, позволяющее обосновывать зоны безопасного размещения инфотелекоммуникационной структуры на острове Кипр и его побережье. Немаловажный прикладной аспект модельных исследований – это поиск геодинамических индикаторов сейсмического риска. Одним из таких индикаторов являются вихревые структуры, образованные векторами горизонтальных напряжений в литосфере Земли. Наибольшая концентрация эпицентров произошедших землетрясений и наибольший вероятностный геодинамический риск приходится на территорию, где наблюдается взаимное пересечение четырех вихревых структур в районе юго-западного побережья острова. Важный аспект оценки геодинамического риска связан с задачей поиска индикаторов нефтегазоносных месторождений. Используя цифровую модель литосферы Земли, созданную авторами, установлено, что нефтегазоносные месторождения территориально размещаются на границах левовращающейся вихревой структуры, образованной конкретными физическими характеристиками литосферы. Это подтверждается эмпирическими данными на примере территории Кипра и прилегающей к нему акватории Средиземного моря.

Сделан вывод о том, что для уточнения геодинамических рисков потребуются картографические данные о более детальных распределениях движений земной коры, тектонических нарушениях и аномального гравитационного поля.

Ключевые слова: кибербезопасность, сейсмическая опасность, Кипр, вероятностная модель, геодинамический риск, индикатор, литосфера Земли, горизонтальные напряжения, нефтегазоносные зоны.

DOI: 10.21681/2311-3456-2019-3-11-17

Введение

Современное понимание кибербезопасности страдает от так называемых типовых решений. Безусловно, типовые системы управления кибербезопасностью облегчают процедуры и алгоритмы управления многими технологическими и организационными процессами на критически важных объектах: крупных промышленных предприятиях, особых инфраструктурных и сервисных образованиях, нефте- и газопроводах, атомных и гидроэлектростанциях, крупных системах связи, аэропортах, железнодорожных узлах и т.п. [1]. И если развитые страны в указанных и схожих отраслях могут сами создавать и поддерживать перспективные системы, обеспечивающие необходимый уровень кибербезопасности своих

объектов, то страны, импортирующие критические технологии и объекты «под ключ», фактически привязаны к системам управления, которые поставляются вместе с оборудованием. Учитывая сказанное, а также проявления на своих территориях нетиповых рисков, например, геодинамических, рассматриваемых в статье и связанных с активной миграцией сейсмодеформационной энергии [2], указанные объекты гораздо более уязвимы в плане кибербезопасности.

В этих условиях часто выдвигаемый тезис о том, что система управления критически важным объектом «замкнута» и «отрезана» от внешних информационных сетей, резко ослабляет защиту объекта от уязвимостей и дезориентирует его персонал. Особенно

- 1 Минаев Владимир Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор, Московский государственный университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва, Россия. E-mail: m1va@yandex.ru
- 2 Дворянкин Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой комплексной безопасности критически важных объектов, Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина, г. Москва, Россия. E-mail: s_dvrn@mail.ru
- 3 Фаддеев Александр Олегович, доктор технических наук, доцент, профессор, Академия Федеральной службы исполнения наказаний, г. Рязань, Россия. E-mail: fao1@mail.ru
- 4 Невдах Татьяна Михайловна, старший преподаватель, Академия Федеральной службы исполнения наказаний, г. Рязань, Россия. E-mail: ntmterrano@mail.ru
- 5 Ахметшин Тагир Рустэмович, преподаватель, Уфимский нефтяной технический университет, г. Уфа, Россия. E-mail: atr93@mail.ru
- 6 Фаддеев Алексей Александрович, студент, Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина, г. Рязань, Россия. E-mail: alexei.faddeev@yandex.ru.

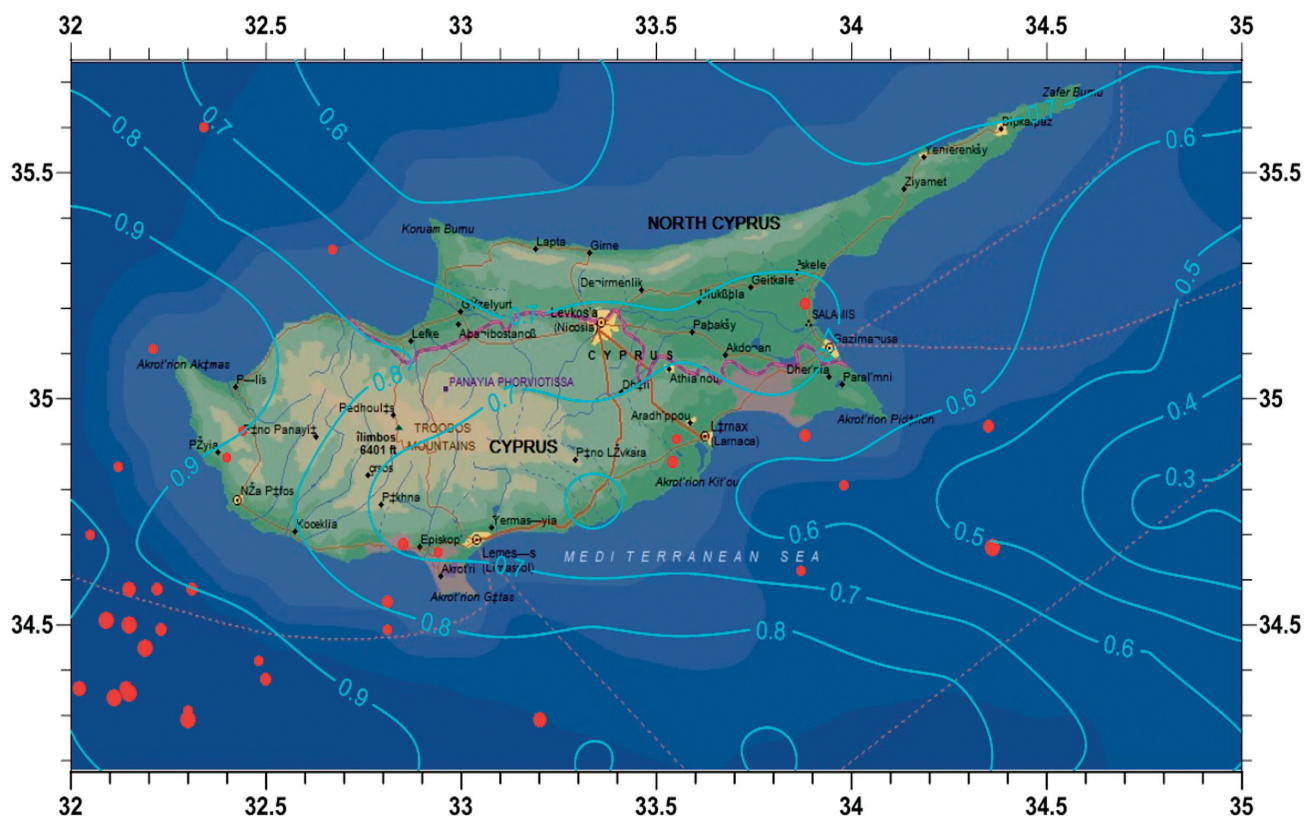


Рис. 1. Распределение эпицентров произошедших землетрясений и эквипотенциальное распределение вероятностного геодинамического риска на территории Кипра и прилегающей акватории Средиземного моря

это касается национальных ядерных энергетических программ.

В этой связи необходимо учитывать, что кибератаки на объекты критической инфраструктуры принимают все более комплексный характер, начиная от внедрения в очень сложные программные коды и завершая мощными возможностями косвенного воздействия, например, в виде реализации геодинамических угроз. С возрастанием уровня автоматизации технологических процессов риски таких сценариев возрастают, и меры противодействия необходимо просчитывать и нарабатывать заранее. Это касается и рисков территориального размещения серверных устройств критических объектов, а также коммуникационных линий связи и управления между ними.

Рассмотрим в связи со сказанным результаты моделирования геодинамических рисков на примере территории Кипра, небольшой по размеру и с достаточным разнообразием их проявлений. Результаты моделирования могут быть ориентированы на использование в управлении кибербезопасностью указанной территории, а также, как выяснилось, прогнозирования нефтегазоносных районов [3–5]. Отметим, что рассмотренные модели могут быть применены к любому региону Земного шара, необходимые данные о котором размещены в общедоступных источниках.

Материал и методы

Остров Кипр расположен в одной из наиболее сейсмоопасных зон мира, в районе так называемого Средиземноморского складчатого пояса, который начинается от Атлантического океана, разделяет африканский континент, заканчиваясь у Южно-Китайского моря. По статистике на указанный пояс приходится около 15% сейсмической активности планеты.

Согласно историческим сведениям и данным сейсмологических каталогов территория современного Кипра и прилегающая к нему акватория Средиземного моря продолжают оставаться весьма сейсмически активным районом Земного шара.

Однако киприотам относительно повезло в том смысле, что живут они на достаточно спокойном острове, ведь, например, в Греции и Турции землетрясения случаются гораздо чаще. На самом Кипре толчки ощущаются в основном в прибрежных частях острова. Это – район Пафоса и далее на восток, проходя через Лимассол и Ларнаку к Фамагусте (рис. 1).

Исследования показывают, что за свою историю остров минимум 15 раз оказывался в эпицентре разрушительных землетрясений. С конца XIX века по 2004 год в районе расположения острова зарегистрировано более четырехсот ощутимых землетрясений, а полтора десятка из них произошли с разрушениями, жертвами которых стали 67 человек.

7 Данные Европейско-Средиземноморского сейсмологического центра. Источник: Мировой Центр Данных по физике твердой Земли, Москва (www.wdcb.ru).

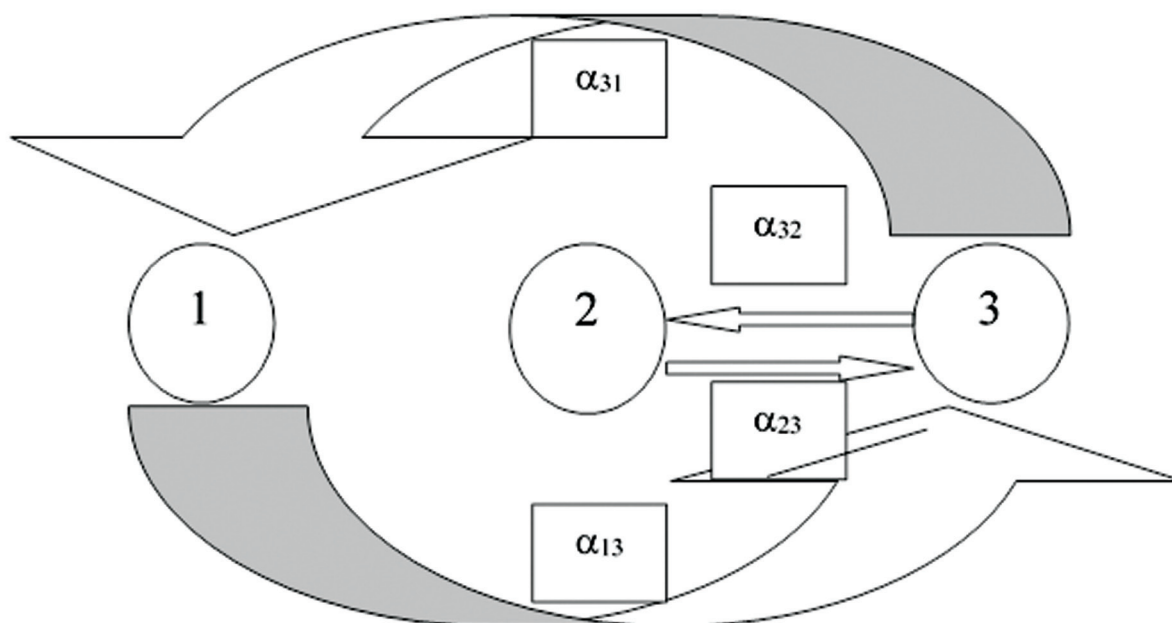


Рис. 2. Схема взаимопереходов геологической среды между состояниями 1, 2, 3

Таким образом, задача оценки геодинамического риска в прогностическом плане для Кипра является весьма актуальной. В статье выполнены оценки этого риска.

Для этого использованы вероятностные модели оценки геодинамического риска, созданные в работах [6–11]. Основопологающим при построении модели выступило предположение о том, что последовательность геодинамических состояний геологической среды исследуемой территории представляет собой события, которые удовлетворяют условиям независимости, однородности и ординарности, то есть являются простейшими потоками.

Обозначая через $p_k(t)$ вероятность того, что в течение некоторого промежутка времени длительностью t в процессе реализации различных состояний геологической среды произойдут k различных геодинамических процессов и, учитывая, что указанная вероятность не зависит ни от выбора системы отсчета, ни от предыстории геологической среды, можно построить соответствующие дифференциальные уравнения Колмогорова [10]. Рассмотрим три состояния – равновесное устойчивое состояние – 1; неравновесное неустойчивое состояние – 2 и квазиравновесное состояние – 3 (рис. 2):

$$\begin{cases} p_1'(t) = -\alpha_{13}p_1(t) + \alpha_{31}p_3(t), \\ p_2'(t) = -\alpha_{23}p_2(t) + \alpha_{32}p_3(t), \\ p_3'(t) = \alpha_{13}p_1(t) + \alpha_{23}p_2(t) - (\alpha_{31} + \alpha_{32})p_3(t). \end{cases} \quad (1)$$

Коэффициенты α_{ij} (где $i=1,2,3$; $j=1,2,3$) отражают энергетические процессы, протекающие в геосреде, в результате которых происходит ее переход из состояния i в состояние j .

Сами же вероятности нахождения элементарного объема геологической среды в стационарных состояниях 1, 2, 3 вычисляются по известным соотношениям:

$$\begin{cases} p_1 = \frac{\alpha_{23}\alpha_{31}}{\alpha_{13}\alpha_{23} + \alpha_{13}\alpha_{32} + \alpha_{23}\alpha_{31}}, \\ p_2 = 1 - \frac{\alpha_{13} + \alpha_{31}}{\alpha_{31}} p_1, \\ p_3 = 1 - p_1 - p_2. \end{cases} \quad (2)$$

Обсуждение результатов

Используя соотношения (2) для территории Кипра и прилегающей к нему акватории Средиземного моря, получено эквипотенциальное распределение геодинамического риска (рис. 1).

Из анализа рис. 1 следует, что результаты математического моделирования согласуются с распределениями эпицентров уже произошедших сейсмических событий.

Полученные результаты весьма важны как при обосновании зон строительства на острове Кипр, особенно туристских объектов, так и при размещении шельфовой инфраструктуры с учетом геодинамических аномалий, проявляющихся в различии сейсмических рисков.

Другой немаловажный прикладной аспект модельных исследований, проделанных авторами, – это поиск геодинамических индикаторов повышенного сейсмического риска.

Одним из таких индикаторов, как показали исследования, являются особенности распределения полей векто-

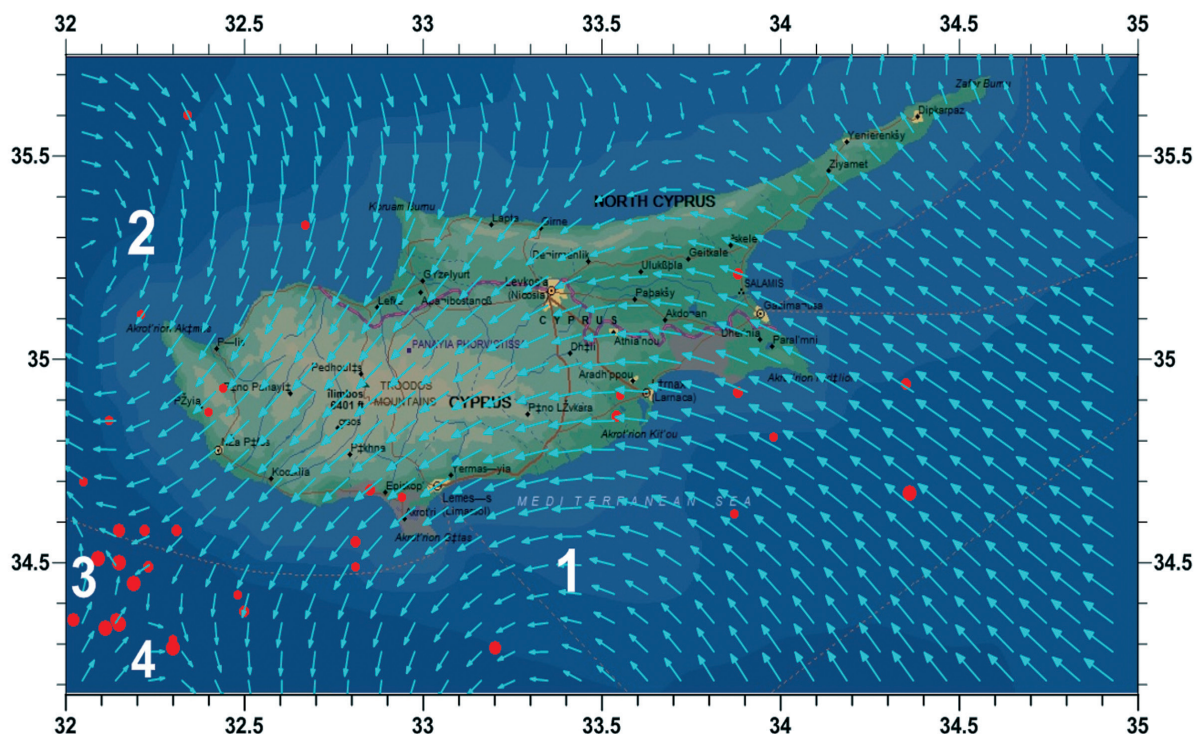


Рис. 3. Пересечение четырех вихревых структур горизонтальных напряжений в литосфере Земли для территории Кипра и прилегающей акватории Средиземного моря

ров горизонтальных геодинамических напряжений в литосфере Земли. Для территории Кипра и прилегающей к нему акватории Средиземного моря выявлены чётко выраженные вихревые структуры, образованные векто-

рами горизонтальных напряжений в литосфере Земли, обозначенные цифрами 1, 2, 3, 4 (рис. 3).

Наибольшая концентрация эпицентров уже произошедших землетрясений и наибольший вероятностный

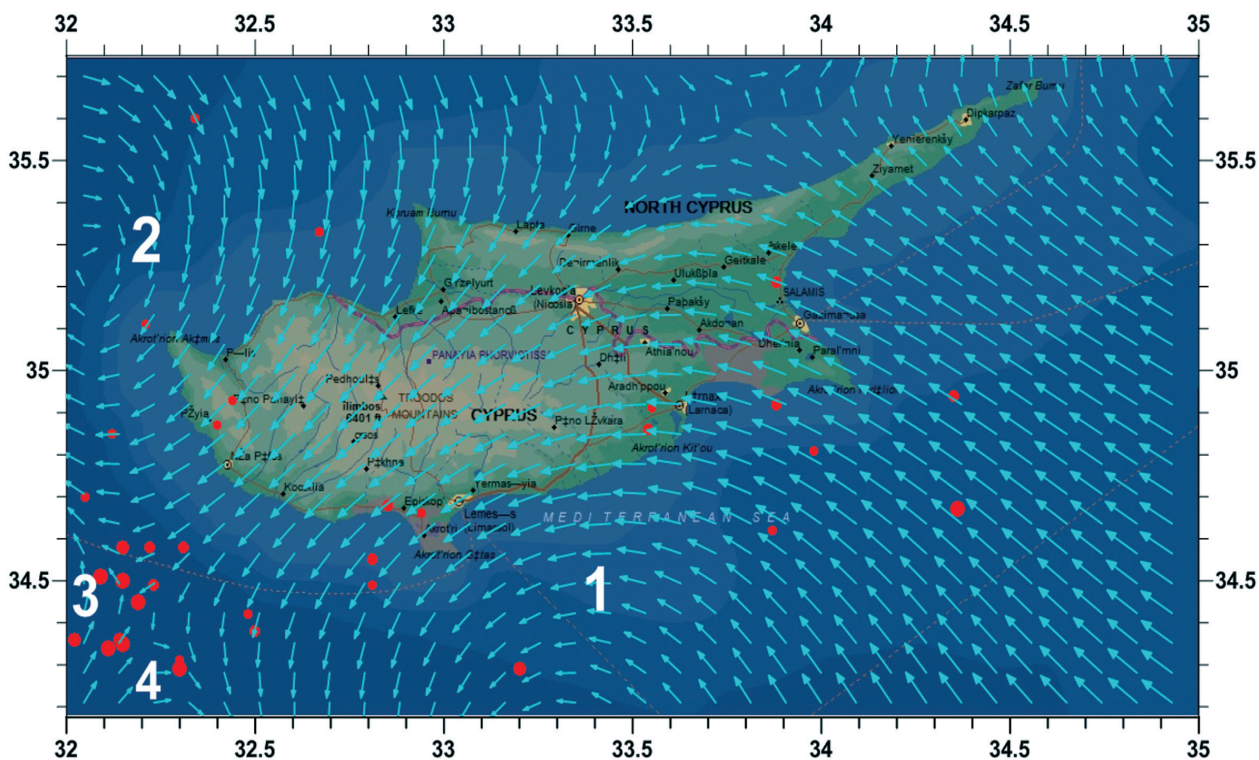


Рис. 4. Распределение векторов выявленной вихревой структуры для территории Кипра и прилегающей акватории Средиземного моря (сплошными треугольниками обозначены известные месторождения нефти, не сплошными – известные месторождения газа).

геодинамический риск в прогностическом отношении приходится на территорию, где наблюдается взаимное пересечение всех четырёх вихревых структур (левый нижний угол).

Как показали наши исследования, важный аспект оценки геодинамического риска также связан с задачей поиска индикаторов нефтегазоносных месторождений.

Используя цифровую модель литосферы Земли, созданную авторами [12], построен такой индикатор. Установлено, что *прогнозные расположения нефтегазоносных месторождений территориально размещаются на границах левовращающейся вихревой структуры, образованной конкретными физическими характеристиками литосферы*, что подтверждается эмпирическими данными на примере территории Кипра и прилегающей к нему акватории Средиземного моря (рис. 4).

Отметим, что для получения уточненных результатов о геодинамических рисках необходима более детальная информация о:

- современных вертикальных движениях земной коры на поверхности;
- новейших вертикальных тектонических движениях;
- новейших горизонтальных тектонических движениях;
- тектонических разломных нарушениях;
- аномальном гравитационном поле.

Заключение

1. Вероятностная модель оценки геодинамического риска позволяет обосновывать безопасные зоны раз-

мещения инфраструктуры критических объектов на суше и на шельфе применительно к обеспечению их кибербезопасности [13]. Немаловажный прикладной аспект модельных исследований – это поиск геодинамических индикаторов повышенного сейсмического риска, которые выявляются по данным математического моделирования.

2. Наибольшая концентрация эпицентров землетрясений и наибольший вероятностный геодинамический риск, который необходимо учитывать при размещении информационных ресурсов и телекоммуникаций, приходится на территорию, где наблюдается взаимное пересечение вихревых структур, отражающих горизонтальные напряжения в литосфере Земли.

3. Важный аспект оценки геодинамического риска связан с задачей поиска индикаторов нефтегазоносных месторождений как объектов обеспечения кибербезопасности [14]. Нефтегазоносные месторождения с наибольшей вероятностью размещаются на границах левовращающихся вихревых структур в литосфере, что подтверждают расчеты по регионам Земного шара, где имеются нефтегазоносные зоны.

4. Для того, чтобы уточнить результаты о выраженности геодинамических рисков, необходимы картографические данные о более детальных распределениях движений земной коры [15, 16], тектонических нарушениях [17, 18] и аномальном гравитационном поле [19, 20].

Литература

1. Бородакий Ю.В., Добродеев А.Ю., Бутусов И.В. Кибербезопасность как основной фактор национальной и международной безопасности XXI века (Часть 1) // Вопросы кибербезопасности. 2013. № 1(1). – С.2–9.
2. Денисов М.С. Сейсмическая энергия: анализ постановки задачи, способов ее решения и ограничения метода // Технологии сейсморазведки, № 4, 2013. – С. 56–61.
3. Исаев В.И. Банк геологогеофизических данных – информационно-аналитическая основа прогнозирования нефтегазоносности // Известия Томского политехнического университета. 2002. Т. 305. № 6. – С. 198–209.
4. Минаев В. А., Фаддеев А. О., Ахметшин Т.Р., Невдах Т. М., Фаддеев А.А. Геодинамические индикаторы для поиска нефтегазоносных полей // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2018 . № 3 . – С. 16–36.
5. Минаев В.А., Фаддеев А.О., Кантышева А.В., Невдах Т.М., Ахметшин Т.Р. Геодинамические риски и нефтегазоносные районы Кипра: модели оценки // Научный журнал “Моделирование, оптимизация и информационные технологии”. 2018. Том 6, № 4. <http://moit.vivt.ru/>
6. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика разломных зон: разломообразование в реальном масштабе времени // Геодинамика и тектонофизика. 2014. № 5(2). – Рр. 401–443.
7. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Оценки геоэкологических рисков. Моделирование безопасности туристско-рекреационных территорий. – М.: Финансы и статистика, изд. дом ИНФРАМ, 2009. – 370 с.
8. Vikulin A.V., Ivanchin A.G. Modern Concept of Block Hierarchy in the Structure of Geomedium and its Implications in Geosciences // Journal of Mining Science. 2013. № 49 (3). – Рр. 395–408.
9. King S. D. Subduction Zones: Observations and Geodynamic models // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 2001. 127. – Рр. 9–24.
10. Минаев В.А., Фаддеев А.О., Кузьменко Н.А. Моделирование и оценка геодинамических рисков. – М.: «РТСофт» – «Космоскоп», 2017. – 256 с.
11. Gerya T. Introduction to Numerical Geodynamic Modelling. – NY: Cambridge University Press, 2010. – 358 p.
12. Минаев В.А., Фаддеев А.О., Ахметшин Т.Р., Невдах Т.М. Цифровая модель геодинамических процессов в литосфере Земли // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2018. Выпуск 3. – С. 9–15.
13. Malachova H., Bednar K. Providing Security in Objects of Critical Infrastructure // Vision 2020: Sustainable economic development, innovation management, and global growth, VOLS I-IX, 2017. – Рр. 3178–3188
14. Curtis P., Mehravari N. Evaluating and Improving Cybersecurity Capabilities of the Energy Critical Infrastructure // IEEE International Symposium on Technologies for Homeland Security. 2015.
15. Мазуров Б. Т. Геодинамические системы (теоретические основы качественного исследования горизонтальных движений) // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий. 2016. Вып. 1 (33). – С. 26–35.

16. Мазуров Б. Т. Модель вертикальных движений земной поверхности и изменений гравитационного поля в районе действующего вулкана // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2007. № 2. – С. 97–106.
17. Komatsu G., Baker V.R., Arzhannikov S.G., Gallagher R., Arzhannikova A.V., Murana A., Oguchi T. Catastrophic Flooding, Palaeolakes, and Late Quaternary Drainage Reorganization in Northern Eurasia // International Geology Review. 2016. V. 58. № 14. – Pp. 1693–1722.
18. Какоурова А.А., Ключевский А.В. Имитационная базовая модель мигрирующей сейсмичности: зона разлома // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 6 (125). – С. 49–59.
19. Маслов А. А. Расчет деформаций поверхности Земли по гравитационным данным // Геология и геофизика. 1983. №5. – С. 30–35.
20. Шерман С.И. Деформационные волны как триггерный механизм сейсмической активности в сейсмических зонах континентальной литосферы // Геодинамика и тектонофизика. 2013. Т. 4. № 2. – С. 83–117.

CYBERSECURITY AND GLOBAL GEODYNAMIC RISKS

Minaev V.A.⁸, Dvoryankin S.V.⁹, Faddeev A.O.¹⁰, Nevdakh T.M.¹¹, Akhmetshin T.R.¹², Faddeev A.A.¹³

Regarding the cybersecurity problem, the article considers the current issues of geodynamic risks as exemplified by the territory of Cyprus and the adjacent waters of the Mediterranean Sea. The purpose of the article is to analyze geodynamic risks in the specified region, construct adequate risk assessment models and justify geodynamic hazard indicators. A probabilistic model was constructed that describes the sequence of geodynamic states of the geological environment in the territory under study and meets the conditions of independence, homogeneity and ordinarieness of event flows. Its description is given in the form of Kolmogorov differential equations. The model was used to obtain an equipotential distribution of geodynamic risk, making it possible to substantiate the secure location zones for the information and telecommunications structure on the island of Cyprus and its coast. An important applied aspect of model studies is searching for geodynamic indicators of seismic risk. One of such indicators is vortex structures formed by horizontal stress vectors in the Earth's lithosphere. The greatest concentration of earthquake epicenters and the highest probabilistic geodynamic risk fall within the territory where four vortex structures intercross on the southwest coast of the island. An important aspect of geodynamic risk assessment is associated with the task of searching for indicators of oil and gas fields. Using the Earth's lithosphere digital model developed by the authors, it was found that oil and gas fields are geographically located at the boundaries of a leftrotating vortex structure formed by specific physical characteristics of the lithosphere. This is confirmed by empirical data through the example of the territory of Cyprus and the adjacent area of the Mediterranean Sea. It is concluded that clarification of the geodynamic risks will require cartographic data on more detailed distributions of crustal movements, tectonic disturbances and an anomalous gravitational field.

Keywords: *cybersecurity, seismic hazard, Cyprus, probabilistic model, geodynamic risk, indicator, Earth lithosphere, horizontal stresses, oil and gas zones.*

References

1. Borodakij YU.V., Dobrodeev A.YU., Butusov I.V. Kiberbezopasnost' kak osnovnoj faktor nacional'noj i mezhdunarodnoj bezopasnosti XXI veka (CHast' 1) // Voprosy kiberbezopasnosti. 2013. № 1(1). – Pp. 2–9. (In Russian).
2. Denisov M.S. Sejsmicheskaya energiya: analiz postanovki zadachi, sposobov ee resheniya i ogranichenii metoda // Tekhnologii sejsmorazvedki, № 4, 2013. – Pp. 56–61. (In Russian).
3. Isaev V.I. Bank geologo-geofizicheskikh dannyh – informacionno-analiticheskaya osnova prognozirovaniya neftegazonosnosti // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. 2002. T. 305. № 6. – Pp. 198–209. (In Russian).
4. Minaev V. A., Faddeev A. O., Ahmetshin T.R., Nevdah T. M., Faddeev A.A. Geodinamicheskie indikatory dlya poiska neftegazonosnyh polej // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya: Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie. 2018. № 3. – С. 16–36. (In Russian).
5. Minaev V. A., Faddeev A. O., Kantysheva A. V., Nevdah T. M., Ahmetshin T. R. Geodinamicheskie riski i neftegazonosnye rajony Kipra: modeli ocenki // Nauchnyj zhurnal "Modelirovanie, optimizaciya i informacionnye tekhnologii". 2018. T. 6. № 4. URL: <http://moit.vivt.ru/>. (In Russian).
6. Kuz'min YU.O. Sovremennaya geodinamika razlomnyh zon: razlomoobrazovanie v real'nom masshtabe vremeni // Geodinamika i tektonofizika. 2014. № 5(2). – Pp. 401–443. (In Russian).

8 Vladimir Minaev, Dr.Sc., professor, professor, Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow, m1va@yandex.ru

9 Sergey Dvoryankin, Dr.Sc., professor, head of department, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), s_dvrn@mail.ru

10 Aleksandr Faddeev, Dr.Sc., associate professor, professor, Academy of Law and Management of the Federal Penitentiary Service, Ryazan, fao1@mail.ru

11 Tatiana Nevdakh, senior lecturer, Academy of Law and Management of the Federal Penitentiary Service, Ryazan, ntmterrano@mail.ru

12 Tagir Akhmetshin, lecturer, Ufa State Oil Technical University, Ufa, atr93@mail.ru 13 Aleksey Faddeev, student, 5Ryazan State University named after S.A. Esenin, alexei.faddeev@yandex.ru.

Кибербезопасность и глобальные геодинамические риски

7. Minaev V.A., Faddeev A.O. Ocenki geohkologicheskikh riskov. Modelirovanie bezopasnosti turistsko-rekreacionnyh territorij. – M.: Finansy i statistika, izd. dom INFRAM, 2009. – 370 p. (In Russian).
8. Vikulin A.V., Ivanchin A.G. Modern Concept of Block Hierarchy in the Structure of Geomedium and its Implications in Geosciences // Journal of Mining Science. 2013. № 49 (3). – Pp. 395–408.
9. King S. D. Subduction Zones: Observations and Geodynamic models // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 2001. 127. – Pp. 9–24.
10. Minaev V.A., Faddeev A.O., Kuz'menko N.A. Modelirovanie i conks geodinamicheskikh riskov. – M.: «RTSoft» – «Kosmoskop», 2017. – 256 p.
11. Gerya T. Introduction to Numerical Geodynamic Modeling. – NY: Cambridge University Press, 2010. – 358 p.
12. Minaev V.A., Faddeev A.O., Ahmetshin T.R., Nevdah T.M., Faddeev A.A. Geodinamicheskie indikatory dlya poiska neftegazonosnyh polej // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya «Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie». 2018. Vypusk 3. – Pp. 16 – 36. (In Russian).
13. Malachova H., Bednar K. Providing Security in Objects of Critical Infrastructure // Vision 2020: Sustainable economic development, innovation management, and global growth, VOLS IIX, 2017. – Pp. 3178–3188
14. Curtis P., Mehravari N. Evaluating and Improving Cybersecurity Capabilities of the Energy Critical Infrastructure // IEEE International Symposium on Technologies for Homeland Security. 2015.
15. Mazurov B. T. Geodinamicheskie sistemy (teoreticheskie osnovy kachestvennogo issledovaniya gorizonta'nyh dvizhenij) // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologij. 2016. Vyp. 1 (33). – Pp. 26–35. (In Russian).
16. Mazurov B. T. Model' vertikal'nyh dvizhenij zemnoj poverhnosti i izmenenij gravitacionnogo polya v rajone deystvuyushchego vulkana // Izvestiya vuzov. Geodeziya i aehrofotos'emka. 2007. № 2. – Pp. 97–106. (In Russian).
17. Komatsu G., Baker V.R., Arzhannikov S.G., Gallagher R., Arzhannikova A.V., Murana A., Oguchi T. Catastrophic Flooding, Palaeolakes, and Late Quaternary Drainage Reorganization in Northern Eurasia // International Geology Review. 2016. V. 58. № 14. – Pp. 1693–1722.
18. Kakourova A.A., Klyuchevskij A.V. Imitacionnaya bazovaya model' migriruyushchej sejsmichnosti: zona razloma // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2017. T. 21. № 6 (125). – Pp. 49–59. (In Russian).
19. Maslov A. A. Raschet deformacij poverhnosti Zemli po gravitacionnym dannym // Geologiya i geofizika. 1983. №5. – Pp. 30–35. (In Russian).
20. SHERMAN S.I. Deformacionnye volny kak triggernyj mekhanizm sejsmicheskoy aktivnosti v sejsmicheskikh zonah kontinental'noj litosfery // Geodinamika i tektonofizika. 2013. T. 4. № 2. – Pp. 83–117.

