

В.А. Карамзин, И.В. Ядрихинский, Л.А. Пестрякова

СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

e-mail: yadroid@mail.ru

СНИЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРОМЫШЛЕННО-ОСВАИВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ ЧЕРЕЗ СИСТЕМУ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ)

Аннотация. В рамках системы раннего предупреждения и технологических опасностях особое значение приобретает необходимость уведомления, а также определения, оценки и представления необходимой информации об источниках потенциальной опасности. Поскольку между стихийными бедствиями и технологическими катастрофами могут быть причинно-следственные связи, с этим высказываются все более серьезные опасения относительно того, что имеющаяся база знаний не позволяет своевременно предупреждать о возникновении многих опасностей или принимать меры по оказанию помощи.

Любая система раннего предупреждения имеет целью снижения риска как меры возможного эколого-экономического ущерба. Такое снижение, как правило, достигается непрерывным изучением информации о состоянии функционирования природно-технической системы. Отсюда возникает задача систематического сбора, накопления, обработки и анализа информации. Система непрерывного наблюдения, контроля и анализа за экологической обстановкой для последующего диагностирования и прогноза состояния объектов природы реализуется в рамках мониторинга, выступающего на трех уровнях – глобальном (планетарном), региональном и локальном.

Республика Саха (Якутия) является самым крупным регионом Российской Федерации с высококонцентрированным природно-ресурсным потенциалом, обеспечивающим полномасштабные проекты народнохозяйственного развития межрегионального и федерального значений. Якутия, площадь которой составляет 20 % от территории России, в геотехническом отношении представляет собой гигантский природный анклав, административные границы которого пересекают многие географически неоднородные экосистемы семи сопредельных территорий (административно независимых субъектов владения). В статье рассмотрены и раскрыты основные направления системы раннего предупреждения по предотвращению социоприродного риска применительно к Якутии, учитывая её природно-территориальную уникальность.

Ключевые слова: Якутия, экологическая безопасность, природно-техническая система, техносферная безопасность, промышленная экология, экологический риск, техногенный риск, экологический мониторинг, геотехнический мониторинг, социоприродный риск.

V.A. Karamzin, I.V. Yadrikhinskiy, L.A. Pestryakova

M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

e-mail: yadroid@mail.ru

REDUCTION OF ENVIRONMENTAL RISK OF INDUSTRIALLY DEVELOPED TERRITORY THROUGH THE EARLY WARNING SYSTEM: THE CASE OF NORTHERN AND ARCTIC TERRITORIES OF THE RUSSIAN FEDERATION

Abstract. Within early warning and technological hazards, the need to notify, and to identify, assess and provide the necessary information about the sources of potential hazards is of particular importance. Since there may be causal links between natural and technological disasters, there are increasing concerns that the available knowledge base does not allow for timely warning or relief measures for many hazards.

Any early warning system aims to reduce risk as a measure of potential environmental and economic damage. Such reduction, as a rule, is achieved by continuous study of information on the state of functioning of the natural-technical system. Hence the task of systematic collection, accumulation, processing and analysis of information arises. The system of continuous observation, control and analysis of the environmental situation for subsequent diagnosis and forecasting of the state of natural objects is realized within the framework of monitoring, which is performed at three levels – global (planetary), regional and local.

The Sakha Republic (Yakutia) is the largest region of the Russian Federation with a highly concentrated natural-resource potential, providing full-scale projects of national economic development of interregional and federal significance. Yakutia, the area of which is 20 % of Russia's territory, is a giant natural enclave in geotechnical terms, the administrative boundaries of which cross many geographically heterogeneous ecosystems of seven neighboring territories (administratively independent subjects of ownership). The article considers and reveals the main directions of the early warning system to prevent socio-natural risk as applied to Yakutia, taking into account its natural-territorial uniqueness.

Keywords: Yakutia, environmental safety, natural-technical system, technosphere safety, industrial ecology, environmental risk, technogenic risk, environmental monitoring, geotechnical monitoring, socio-natural risk.

Введение

Уникальность Якутии связана также с тем, что более 40 % её территории расположено за Северным полярным кругом, а протяженность морской линии в составе арктического побережья составляет около 4,5 тыс. км. Тем не менее, регион содержит значительные участки антропогенно-трансформированной природной среды, что существенно повышает ответственность в сохранении устойчивой экологической ёмкости территории в условиях интенсивного хозяйственного развития Якутии и непрерывных трансграничных процессах, происходящих на всех сопредельных административно-территориальных образованиях.

Указанная проблема связана с необходимостью своевременной оценки многомерных экологических рисков ПТК Якутии через систему раннего (опережающего) предупреждения возможных экстремальных последствий для всей жизнеобеспечивающей среды региона.

Основная часть

Обзор существующих международных программ в области раннего предупреждения (чрезвычайных ситуаций) в рамках системы ООН показывает, что не все возможные экологические риски на локальном, региональном и глобальном уровнях учитываются (а значит, и предотвращаются) [1]. Понятие раннего предупреждения экологического риска, как возможной экологически экстремальной ситуации, включает в себя три основных фактора. Первый фактор – технический, обеспечивающий возможность с помощью инструментальных средств измерений, контроля и диагностики, определять потенциальную опасность, угрожающую жизнеобеспечивающим компонентам экотопа и биоценоза. Второй фактор состоит в способности точно определять время и возможный масштаб угрозы популяциям биосферы и населению, или иными словами, дать оценку социоприродного риска в натуральных и стоимостных показателях. Третий фактор характеризует способность своевременной передачи информации о возможных экологически экстремальных и чрезвычайных последствиях службам оперативного реагирования для принятия мер по предотвращению негативных последствий.

Функции раннего предупреждения осуществляется различными профессиональными и специализированными службами. Если соответствующая служба в регионе способна решать только узкопрофильные вопросы (в рамках своей компетенции), а не комплекс задач по трём выше-названным факторам, то эффективность системы раннего предупреждения снижается. Поэтому каждый этап процесса предупреждения должен осуществляться комплексно, точно и своевременно, при полном понимании связи между профильными специалистами (квалификация, ведомственная ответственность и др.). Критерием успеха раннего предупреждения является хорошо организованная совместная работа различных участников межведомственной группы,

состоящей из представителей: природоохранных ведомств, академических и образовательных учреждений, специальных производственно-технологических подразделений отраслевых организаций, административных органов управления, средств массовой информации.

В отличие от природных стихийных бедствий (пожары, наводнения, оползни, и др.), которые носят, как правило, перманентный характер, техногенные опасности, в основном, пока относятся к трудно прогнозируемым, поскольку любая система раннего предупреждения имеет целью исключение социоприродного риска, связанного с долговременным экологическим и экономическим ущербом [2].

Эффективность раннего предупреждения оценивается двумя целеполагающими количественными критериями:

1. Предотвращенный экологический ущерб, который определяется расчетно-аналитическими методами на основе накопленной ретроспективной информации по данным отраслевого и общерегионального геотехнического мониторинга. Возможные составляющие предотвращенного ущерба могут рассматриваться и дифференцированно по отдельным составляющим экотопы и биоценоза. Но, возможна также оценка групповых и комплексных показателей;

2. Вероятный вариант и масштаб охвата экологической реконструкцией территории, подвергаемой антропогенной трансформации, исходя из количественных оценок возможной остаточной экологической ёмкости (при наличии и отсутствии системы раннего предупреждения).

Определение таких критериев должно учитывать: во-первых, разнообразие условий промышленного освоения территории по геолого-минералогическим, природно-климатическим, ландшафтно-географическим, биопопуляционным и другим факторам; во-вторых, разнохарактерность и взаимообусловленность техногенных нагрузок и воздействий на окружающую среду различных объектов, сооружаемых и эксплуатируемых в различных участках региона.

Система раннего предупреждения по предотвращению социоприродного риска применительно к Якутии, учитывая её природно-территориальную уникальность, требует разработки универсальной зональной классификации промышленного освоения территории по масштабам и опасностям воздействия на окружающую природную среду. Такая классификация реализуется по трём конкретным направлениям.

Первое направление – определение факторов техногенного воздействия на компоненты окружающей среды в процессе промышленного освоения территории. На этом этапе обосновывается номенклатурный состав техногенных факторов – $\sum_{i=1}^n T_i$, а также интенсивность их воздействий, оцениваемая коэффициентами экологической весомости v_{3i} . Уровень техногенного воздействия, характеризующий потенциальную экологическую опасность, может быть выражен в единичном и комплексном виде [3].

Такая градация оправдана для отдельного вида воздействия (например, механического, химического, теплового, биологического и т.п.) по единичному показателю U_i , и для суммарного воздействия в целом

$$U(\sum_{i=1}^n T_i)$$

по комплексному показателю:

$$U\left[\sum_{i=1}^n T_i (v_{3i})\right]$$

В этом случае расчётные соотношения по определению значений U_i и U имеют вид:

$$U_i = \frac{N[T_i(v_{3i})]}{S}$$

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{S}$$

где $N[T_i(v_{Эi})]$ – величина T_i -го показателя конкретного вида воздействия, выраженная в системе единиц физических величин; S – размер участка территории, подвергаемого техногенному воздействию.

Количественная оценка уровня техногенного воздействия объекта строительства требует предварительного анализа, позволяющего определять значения $N(T_i)$ и $v_{Эi}$.

В качестве примера, в таблице даны приближённые значения коэффициентов экологической весомости $v_{Эi}$, установленные опытным путём специалистами РАО Роснефтегазстрой по результатам и эксплуатации объектов трубопроводного транспорта нефти и газа (см. табл.).

Таблица – Коэффициенты экологической весомости для нефтегазотранспортных систем

Виды техногенного воздействия объектов трубопроводного транспорта нефти и газа		Линейная часть магистрального трубопровода		Объекты наземного строительства	
		Нефтепровод	Газопровод	НПС; КС	Гражданские объекты
МЕХАНИЧЕСКОЕ					
$(v_{Эi})_M$	кратковременные	0,05	0,35	0,02	0,01
	долгосрочные	0,10	0,18	0,08	0,03
ТЕПЛОВЫЕ					
$(v_{Эi})_T$	кратковременные	0,30	0,25	0,05	0,04
	долгосрочные	0,35	0,35	0,17	0,12
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ					
$(v_{Эi})_Э$	кратковременные	0,05	0,15	0,12	0,09
	долгосрочные	0,25	0,32	0,20	0,20
БИОХИМИЧЕСКИЕ					
$(v_{Эi})_Б$	кратковременные	0,40	0,15	0,10	0,08
	долгосрочные	0,54	0,23	0,30	0,23

Второе направление – установление признаков и показателей антропогенной трансформации природного ландшафта в зонах промышленного освоения территории. В этом случае показатели также могут быть представлены в единичной и комплексной форме. При заданной номенклатуре таких показателей $\sum_{i=1}^n a_i$ целесообразно в качестве обобщённого критерия антропогенного изменения природного ландшафта использовать размер (желательно в трёхмерном измерении) зоны трансформации $R_3(r_3) = f_3(x, y, z)$, где f_3 – функция техногенного воздействия, определяющая реакцию окружающей среды в радиусе действия техногенного фактора R_3 . Учитывая длительный (во времени, t) характер взаимодействия промышленного объекта с окружающей средой, имеем

$$\left\{ \begin{array}{l} U_t = \frac{\sum_{i=1}^n (U_i)t}{S_i} \\ R_3 \left[r_3 \left(\sum_{i=1}^n a_i \right) \right] = f_3(x, y, z, t) \end{array} \right.$$

Третье направление – исследование особенностей природных ландшафтов, определяющих выбор экологической модели прогноза уровня опасности трансформирования окружающей среды под действием техногенных нагрузок. Существующие нормативно-технические требования на стадии проектирования и промышленного освоения конкретной территории, к сожалению, недостаточно аргументировано отражают зональный принцип классификации природных зон по степени их технофильности [4]. Это обстоятельство существенным образом ограничивает возможности снижения экологических рисков путём системы раннего предупреждения. Классификация таких зон на территории промышленного освоения Якутии включает следующие группы ландшафтов:

1. Ландшафты, обладающие высокими рекреационными показателями ($L1$). Сохранность их должна обеспечиваться инженерным обустройством и биологической реконструкцией; постоянным восстановлением растительных сообществ; локализацией очагов повышенной техногенной нагрузки на почвенно-растительный покров; инженерно-геологической защитой многолетнемерзлых грунтов;

2. Ландшафты, содержащие в своих недрах месторождения полезных ископаемых ($L2$). Обеспечение сохранности таких ландшафтов предъявляет повышенные требования к эксплуатационной надёжности сооружаемых промышленных объектов;

3. Сельскохозяйственные и лесные ландшафты, которые используются для получения сельхозпродукции ($L3$). Их охрана обеспечивается рациональным, технологически и экологически грамотным использованием;

4. Ландшафты, которые малопригодны для сельского хозяйства или рекреационных зон, не содержат востребованных полезных ископаемых ($L4$). Такие ландшафты предпочтительные для вспомогательного промышленного и гражданского строительства.

Для природно-территориального комплекса Якутии также экологически целесообразна регионально-специфическая градация основных районов строительства по географическим областям [5]:

- арктические тундры ($R1$);
- тундровые ландшафты ($R2$);
- северо-таёжные ($R3$);
- северо-таёжные низменные равнины ($R4$);
- тундрово-таёжное нагорье ($R5$);
- таёжное среднегорье ($R6$);
- возможные другие разновидности ($R7$).

Каждая эколого-географическая ландшафтная группа (RL – группа), соответствующая конкретной зоне промышленного освоения территории, однозначно определяет допустимый уровень техногенного воздействия (техногенных нагрузок, изменений, ограничений) U_t^* и критические границы $[(RL)_3]_{кр}$ антропогенной трансформации природной среды:

$$(R_i L_i) \rightarrow \Phi[U_t^*; R_{3r}]$$

Заключение

Разработан принцип классификации природных зон сопредельных территорий по степени их технофильности, обеспечивающий необходимое условие снижения экологических рисков промышленно-осваиваемых территорий путём системы раннего предупреждения на территории Якутии и частично сопредельных территориях.

Литература

1. Власюк, Т.А. Исследование стационарных состояний формирования и развития природных зон / Т.А. Власюк. – Текст : непосредственный // Транспорт: Наука, Техника, Управление. Научный информационный сборник, 2007. – № 5. – С. 47-51.

2. Ефимов, В.М. Геотехнический мониторинг в криолитозоне как условие обеспечения инженерно-экологической безопасности промышленного освоения территории / В.М. Ефимов, И.В. Ядрихинский, О.И. Молдаванов. – Текст : непосредственный // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. Материалы Пятнадцатой Общероссийской научно-практической конференции изыскательских организаций. 2019. – С. 259-267.

3. Мазур, И.И. Курс инженерной экологии. 2-е издание, испр. и доп. / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов. М., Высшая школа, 2001. – 510 с. ISBN: 5-06-004188-3. – Текст : непосредственный.

4. Экологическая защита социоприродной среды на промышленно-осваиваемых территориях: (Методологические основы экологической безопасности) / И. В. Ядрихинский, Д. А. Филатова, Т. Р. Егорова [и др.]. – Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2023. – 432 с. – ISBN 978-5-7513-3467-3. – Текст : непосредственный.

5. Ядрихинский, И. В. О значении фундаментальных исследований в решении глобальных экологических проблем / И. В. Ядрихинский. – Текст : непосредственный // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 4-2(106). – С. 30-35. – DOI 10.23670/IRJ.2021.106.4.030.

References

1. Vlasjuk, T.A. Issledovanie stacionarnyh sostojanij formirovanija i razvitija prirodnyh zon / T.A. Vlasjuk. – Текст : непосредственный // Transport: Nauka, Tehnika, Upravlenie. Nauchnyj informacionnyj sbornik, 2007. – № 5. – С. 47-51.

2. Efimov, V.M. Geotekhnicheskij monitoring v kriolitozone kak uslovie obespechenija inzhenerno-jekologicheskoy bezopasnosti promyshlennogo osvoenija territorii / V.M. Efimov, I.V. Jadrihinskij, O.I. Moldavanov. – Текст : непосредственный // Perspektivy razvitija inzhenernyh izyskanij v stroitel'stve v Rossijskoj Federacii. Materialy Pjtnadcatoy Obshe Rossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii izyskatel'skih organizacij. 2019. – С. 259-267.

3. Mazur, I.I. Kurs inzhenernoj jekologii. 2-e izdanie, ispr. i dop. / I.I. Mazur, O.I. Moldavanov. M., Vysshaja shkola, 2001. – 510 s. ISBN: 5-06-004188-3. – Текст : непосредственный.

4. Jekologicheskaja zashhita socioprirodnoj sredy na promyshlennno-osvaivaemyh territorijah: (Metodologicheskie osnovy jekologicheskoy bezopasnosti) / I. V. Jadrihinskij, D. A. Filatova, T. R. Egorova [i dr.]. – Jakutsk: Severo-Vostochnyj federal'nyj universitet imeni M.K. Ammosova, 2023. – 432 s. – ISBN 978-5-7513-3467-3. – Текст : непосредственный.

5. Jadrihinskij, I. V. O znachenii fundamental'nyh issledovanij v reshenii global'nyh jekologicheskikh problem / I. V. Jadrihinskij. – Текст : непосредственный // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2021. – № 4-2(106). – С. 30-35. – DOI 10.23670/IRJ.2021.106.4.030.

Сведения об авторах

КАРАМЗИН Владимир Алексеевич – аспирант Института естественных наук СВФУ им. М.К. Аммосова, e-mail: kramzivl@mail.ru

KARAMZIN Vladimir Alekseevich – postgraduate student, Institute of Natural Sciences, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, e-mail: kramzivl@mail.ru

ЯДРИХИНСКИЙ Иван Васильевич – к.г.н., доцент экологического отделения Института естественных наук СВФУ им. М.К. Аммосова, e-mail: yadroid@mail.ru

YADRIKHINSKY Ivan Vasilyevich – Candidat of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Geography, Institute of Natural Sciences, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, e-mail: yadroid@mail.ru

ПЕСТРЯКОВА Людмила Агафьевна – д.г.н., профессор, г.н.с. Института естественных наук СВФУ им. М.К. Аммосова, e-mail: lapest@mail.ru

PESTRYAKOVA Lyudmila Agafyevna – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of Natural Sciences, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, e-mail: lapest@mail.ru