

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ПО РАСЧЕТУ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА

Л. В. Власова, О. В. Косолапов, В. В. Мориллов

Improving of methodical toolkit on the calculation of the economic losses

L. V. Vlasova, O. V. Kosolapov, V. V. Morilov

This study considers the problem of improving the calculation of the economic damage caused by the consequences of the development of the natural potential of the area, at the expense of detailing of coefficient of decrease of the economic value of natural resources. The value of this ratio is influenced by two factors: the degree of environmental danger of impact object and the level of stability of landscapes in relation to human impact. According to the results of the expert survey authors have built a system of boundary refinement coefficients, and then, using the apparatus of piecewise linear interpolation, calculated polynomials for defining the intermediate values of the coefficient μ for given values of an influence level x and degree of stability y . The authors substantiate the ability to determine the extent of environmental hazard of the enterprise and the level of sustainability. They analyzed the existing methodical recommendations on the assessment of the considered parameters. One can find a list of 12 indicators to use in relation to mining companies conducting open cast mining. As part of the assessment of the stability of landscapes, study proposes the use of performance indicators, combined into four groups: atmospheric stability, stability of water resources, stability of soil and lithogenic bases, and biological stability. For each of the groups authors give indicators recommended for use in concrete conditions of the study area. Particular attention is paid to the biota, which is considered as a stabilizing factor. Availability of information on the degree of environmental exposures and landscape sustainability, perceiving this effect makes it possible to update the coefficient μ and increase the reliability of the value of economic damage.

Keywords: impact; effects; decrease; economic value; economic damage.

Рассматривается проблема совершенствования расчета экономического ущерба, обусловленного последствиями освоения природного потенциала территории, за счет детализации коэффициента снижения экономической ценности природных ресурсов. Величина данного коэффициента находится под влиянием двух факторов: степени экологической опасности объекта воздействия и уровня устойчивости ландшафтов в отношении антропогенного воздействия. По результатам экспертного опроса выстроена система граничных уточнённых коэффициентов, а далее с использованием аппарата кусочно-линейной интерполяции рассчитаны многочлены, позволяющие определять промежуточные значения коэффициента μ при заданных значениях степени воздействия x и уровня устойчивости y . Авторы обосновывают возможность определения степени экологической опасности предприятия и уровня устойчивости. Выполнен анализ имеющихся методических рекомендаций по оценке рассматриваемых параметров. Приведён перечень 12 показателей, которые могут быть использованы в отношении горных предприятий, ведущих разработку месторождений открытым способом. В части оценки устойчивости ландшафтов предлагается использование оценочных показателей, объединённых в четыре группы: устойчивость атмосферы, устойчивость водных ресурсов, устойчивость почв и литогенной основы, биологическая устойчивость. По каждой из групп приведены показатели, рекомендуемые для использования в конкретных условиях исследуемой территории. Особое внимание уделено биоте, которая рассматривается в качестве стабилизирующего фактора. Наличие информации о степени экологической опасности воздействия и устойчивости ландшафта, воспринимающего это воздействие, делает возможным уточнение коэффициента μ и повышение достоверности величины экономического ущерба.

Ключевые слова: воздействие; последствия; снижение; экономическая ценность; экономический ущерб.

Обеспечение равновесного природопользования требует наличия информации о возможных антропогенных воздействиях на окружающую среду, формирующихся последствиях и прогнозируемом экономическом ущербе, что позволяет наиболее эффективно оценить эффективность принимаемых управленческих решений в отношении природного потенциала как для отдельных природопользователей, так и для собственника этих ресурсов – государства. В условиях северных малоизученных территорий основным реципиентом, воспринимающим воздействие, являющиеся природные ресурсы. Так, при освоении минерально-сырьевого потенциала воздействию подвергаются земельные ресурсы, лесные, охотничьи, дикоросы и т. д. [1]. Все перечисленные виды природных ресурсов уничтожаются, загрязняются, теряют качественные характеристики и при освоении лесных ресурсов (лесозаготовках). Методический подход, предлагаемый в работах [2, 3], предполагает оценку экономического ущерба, исходя из зонирования территорий по степени нарушенности экосистем и соответствующего изменения экономической ценности природных ресурсов в каждой из экологических зон. Предлагаемые коэффициенты снижения экономической ценности природных ресурсов носят весьма усреднённый характер.

В фактических условиях величины, корректирующие снижение экономической ценности μ , находятся под влиянием двух факторов:
– степени экологической опасности объекта воздействия;
– уровня устойчивости ландшафтов в отношении антропогенного воздействия.

При одной и той же устойчивости ландшафта коэффициент снижения экономической ценности находится в прямой зависимости от степени экологической опасности объекта воздействия: с ростом экологической опасности коэффициент μ увеличивается. В то же время при постоянстве воздействия величина μ возрастает при снижении устойчивости ландшафтов. В схематичном виде данная тенденция отражена на рис. 1.

Самая низкая величина μ – в I квадрате, со снижением устойчивости при той же величине воздействия μ увеличивается (квадрат II). С ростом воздействия и неизменностью устойчивости μ также увеличивается (квадрат III по сравнению с квадратом II) и квадрат IV по сравнению с квадратом I). Снижение устойчивости приводит к росту μ (квадрат III по сравнению с квадратом IV). Самое высокое значение μ – в III квадрате.

Согласно экспертному опросу, в котором приняли участие 18 человек, были получены уточнённые значения коэффициентов снижения экономической ценности, отражающие изменение как устойчивости, так и антропогенного воздействия (табл.).

Поскольку коэффициент μ представляет собой функцию двух переменных $\mu = \mu(x, y)$, где x – антропогенное воздействие, y – устойчивость экосистем, для нахождения промежуточных значений μ по заданной сетке значений (табл.) используется аппарат кусочно-линейной интерполяции по обоим переменным. Пусть сетка образована пересечением прямых $x = x_n, n = 0, 1, \dots, N$ и $y = y_m, m = 0, 1, \dots, M$, $\mu_{nm} = \mu(x_n, y_m)$ – значение функции в узле (x_n, y_m) . Тогда метод кусочно-линейной интерполяции по переменным x и y приводит (для прямоугольника $x \in [x_n, x_{n+1}]$, $y \in [y_m, y_{m+1}]$) к интерполяционному многочлену в форме Лагранжа:

$$\mu(x, y) = \mu_{nm} \frac{(x - x_{n+1})(y - y_{m+1})}{(x_n - x_{n+1})(y_m - y_{m+1})} + \mu_{n+1, m} \frac{(x - x_n)(y - y_{m+1})}{(x_{n+1} - x_n)(y_m - y_{m+1})} + \mu_{n+1, m+1} \frac{(x - x_n)(y - y_m)}{(x_{n+1} - x_n)(y_{m+1} - y_m)} + \mu_{n, m+1} \frac{(x - x_{n+1})(y - y_m)}{(x_n - x_{n+1})(y_{m+1} - y_m)}.$$

Рассчитанные по данной формуле многочлены приведены на рис. 2. Для определения откорректированной величины μ необходима информация о степени воздействия x и уровне устойчивости ландшафтов y .

Оценка экологической опасности предприятия – достаточно востребованная тема исследования. Один из последних обзоров, выполненный в работе [4], показывает, что по своей форме оцен-

Уточнённые коэффициенты снижения экономической ценности природных ресурсов.

Антропогенное воздействие x	Устойчивость экосистемы y				
	0-0,200	0,201-0,400	0,401-0,600	0,601-0,800	0,801-1
0-0,200	0	0	0	0	0
0,201-0,400	0,20-0,17	0,169-0,150	0,149-0,130	0,129-0,100	0,099-0,080
	0,40-0,36	0,359-0,330	0,329-0,300	0,299-0,280	0,279-0,250
0,401-0,600	0,62-0,56	0,559-0,540	0,539-0,520	0,519-0,500	0,499-0,480
	0,82-0,78	0,779-0,770	0,769-0,750	0,749-0,730	0,729-0,700
0,601-0,800	0,80-0,78	0,779-0,770	0,769-0,750	0,749-0,730	0,729-0,700
	1-0,97	0,969-0,950	0,949-0,930	0,929-0,910	0,909-0,880

В числителе указана величина μ для начального значения антропогенного воздействия, в знаменателе – для конечного значения антропогенного воздействия.

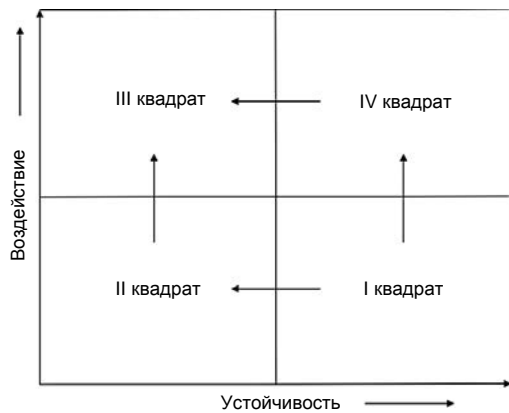


Рисунок 1. Зависимость величины μ от соотношения воздействия и устойчивости / Figure 1. The dependence of μ on the ratio of impact and sustainability.

ка может быть прямая, когда изучению подлежит непосредственно масса выбросов, сбросов, размещение отходов, изъятых природных ресурсов, и косвенная, при которой оценки базируются на учете ряда факторов, формирующих интенсивность воздействия и (или) характер образующихся под его влиянием последствий. Имеют место и смешанные формы оценки. В процессе выполнения оценочных процедур могут использоваться показатели в натуральных, стоимостных и балльных единицах. Результирующие показатели характеризуют либо экологическую опасность воздействия по отдельным элементам биосферы, либо интегральный результат. Как показывает анализ, оценке подлежит чаще всего лишь химическое загрязнение, как оказывающее наиболее сильное влияние на степень удовлетворённости качеством окружающей

среды со стороны человека. За базу при этом принимаются показатели воздействия (масса сброса, масса выброса, масса размещения отходов с учетом степени агрессивности загрязняющих веществ и токсичности отходов). Показатели воздействия могут дополняться показателями последствия и (или) показателями косвенной оценки, набор которых в ряде методических рекомендаций весьма широк.

Обоснование системы показателей косвенной оценки, выполненное в работе [5], позволило из первоначального числа (17 факторов) выбрать 12 наиболее значимых. В их число вошли:

- тип транспортных средств;
- интенсивность взрывных работ;
- протяжённость транспортировки;
- площадь размещения отходов;
- тип полезного ископаемого;
- глубина залегания подземных вод;
- землёмкость;
- водоёмкость;
- степень обводнённости;
- глубина карьера;
- скорость распространения колебаний в недрах;
- производственная мощность карьера.

Следует оговориться, что обоснование показателей было выполнено для условий открытой разработки месторождений. Наиболее целесообразно использовать теорию нечётких множеств для интегральной оценки экологической опасности предприятия на основе адаптации методического инструментария, предназначенного авторами работы [6] для оценки полноты институционального обеспечения недропользования. Конечные показатели оценки в этом случае получают своё выражение в долях единицы.

Ещё большие сложности связаны с оценкой устойчивости ландшафтов к антропогенному воздействию. Устойчивость в этом случае рассматривается как «свойство системы сохранять свою структуру

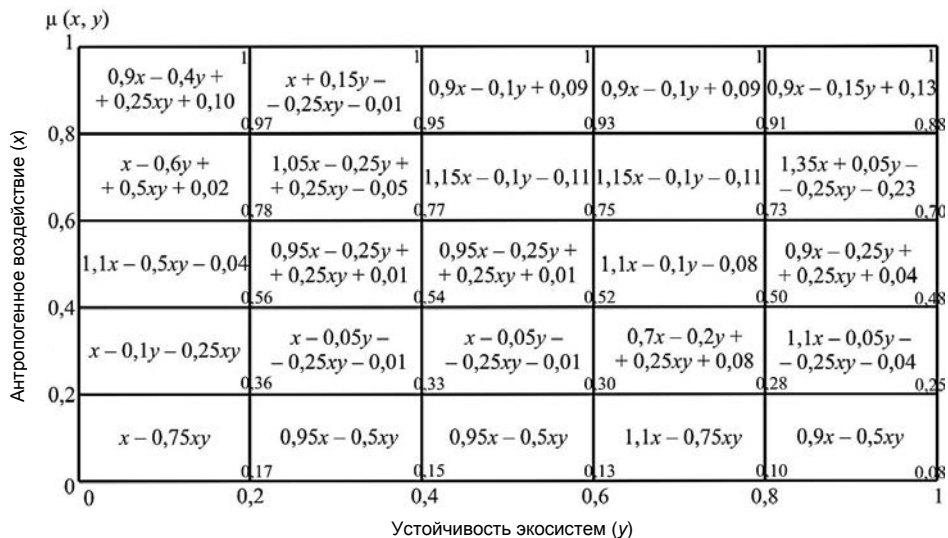


Рисунок 2. Кусочно-линейная интерполяция в форме Лагранжа / Figure 2. Piecewise linear interpolation in the Lagrange form.

и функции при воздействии внешних (в том числе антропогенных) факторов» [7]. Объектом исследования при оценке устойчивости ландшафта обычно выступают территории, в границах которых расположены месторождения, пункты доставки и переработки сырья, месторасположение отходов и намечаемых трасс линейных сооружений, линий электропередач. По данным [8], в настоящее время имеются методические подходы по определению природной устойчивости почв на основе 8–9 показателей. Для оценки геоморфологии территории рекомендуется 4 показателя; оценка устойчивости ландшафтов предполагает использование 35 геоморфологических, и т. д. Предложения авторов в части оценки устойчивости весьма разнообразны [9–12].

В результате экспертного опроса рекомендовано использование факторов, объединённых в четыре группы: устойчивость атмосферы, водных ресурсов, почв и литогенной основы, биологическая устойчивость. В число показателей предлагается включать: метеорологический потенциал и биоактивные дни, глубину залегания подземных вод, степень защищённости подземных вод, условия увлажнения, минеральный состав субстрата, уклон поверхности, длину склона, мощность гумусового горизонта, денудационный потенциал. Наиболее значимая роль в саморегулировании геосистем принадлежит биоте, которая рассматривается в качестве стабилизирующего фактора благодаря её мобильности, способности восстанавливаться, приспосабливаться к условиям среды [13]. Биохимические и физиологические нарушения у растений под воздействием вредных веществ проявляются в виде: изменения проницаемости мембран и их целостности; изменения количества ферментов и их активности, приводящие, в том числе, к подавлению фотосинтетических процессов и продуцированию веществ с защитными функциями; изменения хода биохимических реакций; изменения структуры клеток; изменения качественного и количественного состава пигментов листьев, выражающегося в смене их окраски [14, 15].

Важнейшими показателями биогенного звена выступают: запас биомассы, биологическая продуктивность, запас надпочвенного органогенного горизонта (лесная подстилка, степной войлок), видовое разнообразие. Запас фитомассы находится в прямой зависимости от биопродуктивности растений, на которую влияют как различные климатических условий исследуемых территорий, так и изменчивость погоды по годам [16]. Наибольшие запасы фитомассы характерны для лесной растительности; при этом положительным фактором является оптимальное соотношение тепла и влаги. Считается, что самая низкая продуктивность отличает ландшафты, для которых характерен дефицит тепла (полярный) или влаги (пустыни). Особо значимым показателем в оценке устойчивости биоты выступает видовое разнообразие, обеспечивающее гомеостатичность экосистемы. Требуется также соблюдение соотношения доминирующих, редких и скрытых категорий видов. В ряде работ устойчивость биогеоценоза увязывается с величиной подстильно-опадного коэффициента.

С помощью рекомендуемых показателей уровень устойчивости ландшафтов к антропогенному воздействию может быть усреднённо оценен, как и в случае с экологической опасностью предприятия, обращением к теории нечётких множеств. Наличие информации об источнике воздействия (степени экологической опасности) и уровне устойчивости ландшафтов делает возможным уточнение коэффициента μ и наиболее достоверный расчет экономического ущерба, что, в свою очередь, снижает риск принятия решений по освоению природного потенциала, противоречащих требованиям равновесного природопользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семьячков А. И., Игнатъева М. Н., Литвинова А. А. Выявление и типология последствий воздействия горнопромышленных комплексов на окружающую среду. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2008. С. 158–166.
2. Игнатъева М. Н., Литвинова А. А., Косолапов О. В. Экономическая оценка экологических последствий освоения минеральных ресурсов // Изв. вузов. Горный журнал. 2012. № 7. С. 13–16.
3. Косолапов О. В., Игнатъева М. Н., Литвинова А. А. Формирование экономического ущерба, обусловленного последствиями воздействия горнопромышленного комплекса на окружающую среду // Экономика региона. 2013. № 1 (33). С. 158–166.
4. Косолапов О. В., Игнатъева М. Н. Методические подходы к оценке экологической опасности предприятий // Изв. вузов. Горный журнал. 2015. № 4. С. 75–82.
5. Косолапов О. В., Власова Л. В. Совершенствование прогноза экономического ущерба при освоении ресурсов недр // Изв. вузов. Горный журнал. 2015. № 4. С. 93–98.
6. Татаркин А. И., Полянская И. Г., Игнатъева М. Н., Юрак В. В. Методоло-

- гическая оценка состояния и перспектив институционально-инновационного недропользования в арктической зоне // Экономика региона. 2014. № 3. С. 146–158.
7. Емельянов В. Г. Основы природопользования. М.: Изд. центр «Академия», 2009. 304 с.
8. Яценко Р. И. Определение устойчивости ландшафтных районов к природным и техногенным воздействиям (на примере территории Верхней Джиды (Байкальский регион) // Геоэкология. 2004. № 3. С. 215–222.
9. Ясовеев М. Г., Антипин Е. Б., Гледко Ю. А. Проблемы геоэкологии горнодобывающей промышленности Белоруссии // Горный журнал. 2003. № 7. С. 81–83.
10. Казаков Л. К. Ландшафтоведение. М.: Изд. центр «Академия», 2011. 336 с.
11. Губайдуллин М. Г., Коробов В. Г. Экспертная интегральная оценка экологического состояния геологической среды // Геоэкология. 2005. № 3. С. 244–253.
12. Основы природопользования / А. Е. Воробьев [и др.]. Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. 544 с.
13. Геоэкологическое картирование / под ред. Б. И. Кочурова и др. М.: Изд. центр «Академия», 2009. 192 с.
14. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / под ред. Р. Шуберта. М.: Мир, 1988. 348 с.
15. Николаевский Л. С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 280 с.
16. Зайнуллина К. С., Портнягина Н. В., Пунегов В. В., Морилов В. В., Неуймин С. И. Биоморфологическая и биохимическая характеристика *Betonica officinalis* L. (Lamiaceae) при интродукции на Севере и Среднем Урале // Аграрный Вестник Урала. № 11 (103). 2012. С. 24–27.

REFERENCES

1. Semyachkov A. I., Ignat'eva M. N., Litvinova A. A. 2008. *Vyyavlenie i tipologiya posledstviy vozddeystviya gornopromyshlennykh kompleksov na okruzhayushchuyu sredu* [Identification and typology of impacts of mining complexes on the environment], Ekaterinburg, pp. 158–166.
2. Ignat'eva M. N., Litvinova A. A., Kosolapov O. V. 2012. *Ekonomicheskaya otsenka ekologicheskikh posledstviy osvoeniya mineral'nykh resursov* [Economic evaluation of the environmental impacts of mineral resources]. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], no. 7, pp. 13–16.
3. Kosolapov O. V., Ignat'eva M. N., Litvinova A. A. 2013. *Formirovaniye ekonomicheskogo ushcherba, obuslovlennogo posledstviyami vozddeystviya gornopromyshlennogo kompleksa na okruzhayushchuyu sredu* [Formation of the economic damage caused by the consequences of exposure to the mining complex on the environment]. *Ekonomika regiona* [Economy of Region], no. 33, pp. 158–166.
4. Kosolapov O. V., Ignat'eva M. N. 2015. *Metodicheskie podkhody k otsenke ekologicheskoy opasnosti predpriyatiy* [Methodological approaches to assessing environmental hazards of enterprises]. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], no. 4, pp. 75–82.
5. Kosolapov O. V., Vlasova L. V. 2015. *Sovershenstvovaniye prognoza ekonomicheskogo ushcherba pri osvoenii resursov nedr* [Improving of the forecast of economic damage during the development of subsurface resources]. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], no. 4, pp. 93–98.
6. Tatarkin A. I., Polyanskaya I. G., Ignat'eva M. N., Yurak V. V. 2014. *Metodologicheskaya otsenka sostoyaniya i perspektiv institutsional'no-innovatsionnogo nedropol'zovaniya v Arkticheskoy zone* [The methodological assessment of the status and prospects of institutional innovation of subsoil use in the Arctic zone]. *Ekonomika regiona* [Economy of Region], no. 3, pp. 146–158.
7. Emel'yanov V. G. 2009. *Osnovy prirodopol'zovaniya* [Basics of environmental management], Moscow, 304 p.
8. Yatsenko R. I. 2004. *Opredeleniye ustoychivosti landshaftnykh rayonov k prirodnyim i tekhnogennym vozddeystviyam (na primere territorii Verkhney Dzhidy (Baykal'skiy region))* [Determination of the stability of landscaped areas to natural and anthropogenic impacts (on the example of the territory of Upper Dzhida (Bai-kal region))]. *Geoekologiya* [Geoecology], no. 3, pp. 215–222.
9. Yasoveev M. G., Antipin E. B., Gledko Yu. A. 2003. *Problemy geoekologii gornodobyvayushchey promyshlennosti Belorussii* [Geoecology problems of mining industry in Belarus]. *Gornyy zhurnal* [Mining journal], no. 7, pp. 81–83.
10. Kazakov L. K. 2011. *Landshaftovedeniye* [Landscape management], Moscow, 336 p.
11. Gubaydullin M. G., Korobov V. G. 2005. *Ekspertnaya integral'naya otsenka ekologicheskogo sostoyaniya geologicheskoy sredy* [Expert integrated assessment of ecological condition of the geological environment]. *Geoekologiya* [Geoecology], no. 3, pp. 244–253.
12. Vorob'ev A. E. et al. 2006. *Osnovy prirodopol'zovaniya* [Basics of Nature Management], Rostov-on-Don, 544 p.
13. Kochurov B. I. et al. 2009. *Geoekologicheskoe kartirovaniye* [Geoecological mapping], Moscow, 192 p.
14. Shubert R. 1988. *Bioindikatsiya zagryazneniy nazemnykh ekosistem* [Bioindication of terrestrial ecosystems pollution], Moscow, 348 p.

15. Nikolaevskiy B. C. 1979, *Biologicheskie osnovy gazoustoychivosti rasteniy* [Biological basis of gas resistance of plants], Novosibirsk, 280 p.

16. Zaynullina K. S., Portnyagina N. V., Punegov V. V., Morilov V. V., Neuymin S. I. 2012, *Biomorfologicheskaya i biokhimicheskaya kharakteristika Betonicaof-*

ficinalis L. (Lamiaceae) pri introduktsii na Severe i Srednem Urale [Biomorphological and biochemical characteristics of *Betonicaofficinalis* L. (Lamiaceae) during the introduction of the North and Middle Ural]. *Agrarnyy Vestnik Urals* [Agrarian Bulletin of the Urals], no. 103, pp. 24–27.

Людмила Витальевна Власова,

кандидат физико-математических наук, доцент
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Олег Вениаминович Косолапов,

кандидат экономических наук,
руководитель Управления Росприроднадзора по Республике Хакасия,
Россия, Республика Хакасия, Абакан, ул. Хакасская, 21

Виталий Владимирович Мориллов,

младший научный сотрудник
Ботанический сад УрО РАН
Россия, Екатеринбург, ул. 8 марта, 202а

Lyudmila Vital'evna Vlasova,

PhD, Assistant Professor
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

Oleg Veniaminovich Kosolapov,

PhD, Head of the Russian Environmental Control
Russian Environmental Control,
Abakan, Khakassia, Russia

Vitaliy Vladimirovich Morilov,

Junior Researcher
Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences
Ekaterinburg, Russia