

ISSN 2304-9081

Учредители:
Уральское отделение РАН
Оренбургский научный центр УрО РАН

Бюллетень
Оренбургского научного центра
УрО РАН



2015 * № 4

Электронный журнал
On-line версия журнала на сайте
<http://www.elmag.uran.ru>

© К.В. Мячина, 2015

УДК 502.1: 502.568: 504.1:528.854:528.88

К.В. Мячина

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РЕГИОНАХ НЕФТЕДОБЫЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Институт степи УрО РАН, Оренбург, Россия

Представлен методический подход к анализу геоэкологического состояния степных ландшафтов нефтедобычи в Северной Евразии и Северной Америке. Предложен ряд показателей (индикаторов и индексов) трансформации ландшафтов, призванных учесть как основные специфические особенности природных условий степной зоны, так и особенности развития и функционирования изучаемого вида недропользования. Показано, что получение большей части индикаторов и расчет индексов затруднительно или невозможно без использования данных дистанционного зондирования.

Ключевые слова: степная зона, особенности, месторождения нефти, трансформация ландшафтов, показатели, данные дистанционного зондирования.

K. V. Mjachina

THE METHOD OF ANALYSIS OF THE STEPPE ECOSYSTEMS GEOECOLOGICAL STATE IN THE OIL-PRODUCING REGIONS USING REMOTE SENSING DATA

Institute of Steppe UrB RAS, Orenburg, Russia

The methodical to the analysis of geo-ecological state of the steppe landscapes of oil production in Northern Eurasia and North America are approached. The list of indicators and indexes which show transformation of landscapes designed to consider both the basic specific features of natural conditions of the steppe zone and peculiarities of development and functioning of the studied species of subsoil use. It is shown that getting most of the indicators and indices are difficult or impossible without the use of remote sensing data.

Keywords: the steppe zone, particularly, the oil field, the transformation of landscapes, indicators, remote sensing data.

Введение

Деградация ландшафтов в полузасушливых регионах, происходящая, в том числе, в результате процессов недропользования, является масштабной экологической проблемой. В частности, добыча нефти является одним из основных агентов влияния на ландшафты степных территорий. Особенность исследований в этой области заключается в том, что до настоящего времени не существует системной методологической основы и единой шкалы признаков и показателей, позволяющих провести сравнительный анализ состояния ландшафтов в регионах, осуществляющих добычу углеводородного сырья, в том числе в степной зоне. Основным недостатком имеющихся подходов явля-

ется применение методов и индикаторов к регионам без учета ведущих факторов дифференциации ландшафтов, например географической зональности.

В данной работе предлагается обзор методологических принципов комплексной геоэкологической оценки состояния ландшафтов нефтепромыслов степной зоны, апробированных на участке нефтяного месторождения Оренбургской области. Данная работа продолжает цикл исследований автора на тему анализа нефтяных ландшафтов степной зоны Заволжья [3, 10-13, 15] и является составной частью международного исследовательского проекта по оценке геоэкологического состояния степных ландшафтов нефтедобычи в Северной Евразии и Северной Америке. Схожие природные условия, характерные для степной зоны, позволяют проводить сравнительный анализ геоэкологического состояния ландшафтов нефтедобычи для российской и американской территорий.

Объекты, материалы, методы

В задачи исследования входил выбор таких признаков и индикаторов трансформации ландшафтов, которые бы являлись специфичными для степной зоны континентов, а также учитывали особенности воздействия изучаемого вида недропользования.

Эффективность реакции на внешнее влияние и восстановление нарушенных природных комплексов зависит от антропогенных (характер и интенсивность воздействия) и природно-климатических условий (степень увлажнения территории, тип и формы рельефа, тип почв и растительного покрова, характеристики гидрографической сети и т.п.).

Степные природные зоны в той или иной степени развиты почти на всех континентах, встречаясь в субтропическом и умеренном поясах. Классическое развитие степи умеренного пояса получили в Северной Америке (прерии) и Евразии. Находясь в динамичном контакте с прилежащими природными зонами, в первую очередь лесами и пустынями, степи сформировались как зональный тип ландшафта, занимающий срединное положение в эколого-географической структуре материков [16]. Из основных особенностей степной зоны умеренного пояса, являющейся объектом исследования, можно отметить засушливый континентальный климат, безлесье водоразделов, преобладание травянистой (преимущественно злаковой) растительности на черноземах и каштановых почвах. Все указанные особенности должны быть учтены при формировании системы индикаторов геоэкологического состояния

ландшафтов регионов добычи нефти. В свою очередь, особенностью данного вида недропользования является размещение комплекса множественных точечных и линейных объектов на обширных территориях, приводящее, как правило, к обширным механическим повреждениям ландшафтного покрова. Также необходимо отметить специфические загрязнители компонентов природной среды, характерные для объектов нефтепромыслов, такие как: углеводородные соединения, пластовые воды, химические реагенты технологических процессов, продукты сжигания попутного газа на факелах высокого и низкого давления и др. Кроме того, технологические процессы предварительной подготовки пластовой нефти, выполняемые на объектах нефтепромыслов, требуют использования значительного количества пресной воды (до 5% от веса нефти), что имеет отрицательное значение для степных маловодных ландшафтов.

В качестве российской ключевой территории изучения выбран степной участок площадью около 170 км², включающий объекты трех нефтяных месторождений – Кодяковского, Смоляного и Боголюбовского.

Выбор участка исследования обусловлен следующими факторами: разработка недр на территории ведется с 1994 г., что свидетельствует о значительных объемах накопленной техногенной нагрузки, способствующей существенной трансформации природных комплексов; объекты недропользования размещены в представительных типах местности, в пределах различных типов степных ландшафтов (пойменная терраса, надпойменная терраса, плакор), причем большая часть объектов, как и по всей нефтегазоносной части области, находится в границах земель сельскохозяйственного назначения. На территории исследования располагается более 90 площадок с объектами нефтедобывающей инфраструктуры, в том числе скважинами различного назначения и узловыми сооружениями, выявленными в ходе полевых работ, а также на основе спутниковых данных высокого разрешения, доступных в Google Earth.

На территории США в качестве ключевого участка исследования выбрана территория округа Уэлд штата Колорадо, являющегося крупнейшим нефтедобывающим регионом страны с разветвленной сетью скважин, общее количество которых превышает 100000 в 64 нефтедобывающих округах. В процессе полевых исследований нефтеносных ландшафтов округа Уэлд выявлено, что значительная часть из них расположена на территории Pawnee

National Grassland, являющейся Особо охраняемой природной территорией с уникальным растительным и животным миром.

В ходе полевых исследований, изучения геоданных, статистических, фондовых и литературных материалов была сформирована методологическая составляющая исследования, включающая формирование перечня показателей и индикаторов геоэкологического состояния ландшафтов. Предлагаемый перечень включает как прямые индикаторы состояния, так и комплексные производные в виде агрегированных индексов, основанных на первичных данных. Индексы позволяют быстро оценить ряд важных параметров и сравнить состояние ландшафтов как на временной, так и в пространственной шкале. Целью работы ставится оценка поверхностных изменений ландшафта, поэтому существующая разница в технологиях разработки недр, являющаяся следствием, например, различного состава углеводородного сырья, не имеет решающего значения для решения поставленных задач.

В соответствии с разработками, ведущимися в области оценки окружающей среды Организацией экономического сотрудничества и развития (*Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD* [4]), предлагаемая система индикаторов и индексов состоит из трех модулей: показателей давления (нагрузки), состояния окружающей среды и ответной реакции (табл.).

Показатели, представленные в таблице, призваны учесть как основные специфические особенности природных условий степной зоны, так и особенностей развития и функционирования объектов нефтепромыслов. Поскольку речь идет о специфичных (полузасушливых степных) территориях, подверженных определенному виду воздействия, нецелесообразно применять показатели, включающие более обширные понятия.

Краткая характеристика показателей дана ниже.

Густой растительный покров, включающий малочисленные в степной зоне облесенные участки, является необходимым для абсорбции оксидов углерода, выделяющихся в процессе функционирования нефтепромыслов (в частности горения факелов). В то же время, указанный растительный покров разрушается под влиянием оксидов серы и азота, которые повреждают зеленую массу и разлагают хлорофилл. Кроме того, кислотные дожди, являющиеся следствием выбросов в атмосферу оксидов серы и азота, уничтожают почвенные микроорганизмы, разлагают гумус, вымывают элементы, необходимые для роста и развития растительного покрова [7].

Таблица. Показатели геоэкологического состояния степных ландшафтов в районах нефтедобычи

Модуль	Показатель	Тип показателя	Краткое пояснение и единицы измерения	Источник определения*
Состояние окружающей среды	1. Площадь густого растительного покрова для абсорбции оксидов углерода	Индикатор	км ² ; % относительно участка исследования	Данные ДЗЗ
	2. Доминирующие типы местности под объектами (в т.ч. крутизна уклонов)	Индикатор	%, градусы	Данные ДЗЗ, ПИ
	3. Доля естественных территорий, в т.ч. Особо охраняемых	Индикатор	км ² ; % относительно участка исследования	Данные ДЗЗ, СД
	4. Плотность гидрографической сети и/или площадь водного зеркала	Индикатор	км, км ² ; % относительно участка исследования	Данные ДЗЗ, СД
Интенсивность оказываемого воздействия (давление)	5. Общая площадь земель, отведенных под инфраструктуру недропользования	Индикатор	% относительно участка исследования	Данные ДЗЗ, ВД, СД
	6. Плотность точечных и площадных объектов нефтепромыслов	Индикатор	Количество объектов / км ² общей площади участка исследования	Данные ДЗЗ, в том числе ЦМР
	7. Плотность агломераций объектов на водосборах, локализованных в пределах ложбин стока	Индикатор	Км/км ² общей площади участка исследования	Данные ДЗЗ, СД
	8. Плотность дорожно-транспортной сети	Индикатор	Количество объектов / км ² общей площади участка исследования	Данные ДЗЗ, ВД
	9. Количество факелов	Индикатор	Количество объектов / км ² общей площади участка исследования	ВД, данные ДЗЗ, СД
	10. Показатели химического загрязнения (углеводородами, пластовыми водами, химическими реагентами и др.)	Индикатор	Количество разливов; площадь загрязненных площадей / км ² общей площади участка исследования	СД, ВД, ДПИ, ДЗЗ
Реакция окружающей среды	11. Состояние растительного покрова	Индикатор	Состав флоры, доля типичных и сорных видов в зоне воздействия, %	ДПИ
	12. Фрагментированность	Индикатор	Количество фрагментов на участке исследования	Данные ДЗЗ
	13. Индекс ландшафтной раздробленности (К лр)	Индекс	Отношение среднего размера площади ландшафтных фрагментов к площади района в целом	Данные ДЗЗ
	14. Индекс потери среды обитания (С)	Индекс	Отражает риск снижения биоразнообразия и вероятность встречи двух особей на рассматриваемой площади	Данные ДЗЗ

Примечание: * ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли; ДПИ – данные полевых исследований; ВД – ведомственные данные, СД – статистические данные.

Степень устойчивости природных комплексов пропорциональна их таксономическому рангу в иерархии территориальных природных единиц. Значительную роль в формировании уровня устойчивости играет дифференциация природных комплексов внутри районов на типологические ландшафтные единицы – *типы местности* [6, 17]. В зависимости от сочетания ландшафтных свойств типы местности отличаются параметрами, формирующими как уровни устойчивости, так и характеристики значимости природоохранных функций ландшафтного таксона. Одним из ведущих признаков того или иного типа местности является *уклон рельефа*. Так, плакорные участки, характеризующиеся относительно плоским рельефом (уклон не более 3 %), являются наиболее ценными в хозяйственном отношении, что делает целесообразным наложение ряда ограничений на их использование при разработке месторождений полезных ископаемых. В то же время водораздельно-холмистые и водораздельно-увалистые типы местности, задействованные под объекты нефтепромыслов, отличаются, как правило, высоким уровнем техногенной трансформации в связи с повышенной эрозионной опасностью и значительным риском проявления экзогенных геологических процессов. В свою очередь, размещение объектов нефтепромыслов в ландшафтах пойменного и надпойменно-террасового типов местности может способствовать как загрязнению вод поверхностного стока, так и сокращению поверхностного питания водотока из-за перекрытия ложбин стока в ходе техногенных преобразований и изменений микроформ рельефа водосборной территории.

Площадь водного зеркала для территорий, отличающихся малой водностью и отсутствием ярусности растительного покрова, имеет решающее значение для поддержания жизнедеятельности популяций степной фауны, наибольшая плотность населения которой наблюдается около водоемов, особенно в жаркие летние периоды. В процессе функционирования нефтепромыслов происходит как прямой забор воды для выполнения технологических процессов, так и существует риск техногенного заиливания, основной причиной которого являются нарушения гидрологического режима, выражающиеся в загрязнении поверхностных водотоков химическими веществами и механическими частицами, изменении микроформ гидрографической сети, изменении режима увлажнения и микроформ ландшафтов водосборной территории вследствие внедрения объектов нефтепромыслов. В условиях степной зоны, отличающейся малой водностью, подобные последствия могут повлечь

изменения всей структуры окружающих ландшафтных единиц за счет инициации эрозионных процессов. Кроме того, может активироваться геохимическая миграция элементов в водные объекты через агломерации объектов нефтепромыслов. Чем более высока плотность размещения объектов на водосборных территориях, тем более вероятны проявления вышеуказанных последствий. На рисунке 1, выполненном на основе цифровой модели рельефа SRTM, показано, что значительная часть направления основных потоков с водосборной площади р. Большой Уран проходит через агломерации объектов нефтепромыслов ключевого участка исследования.

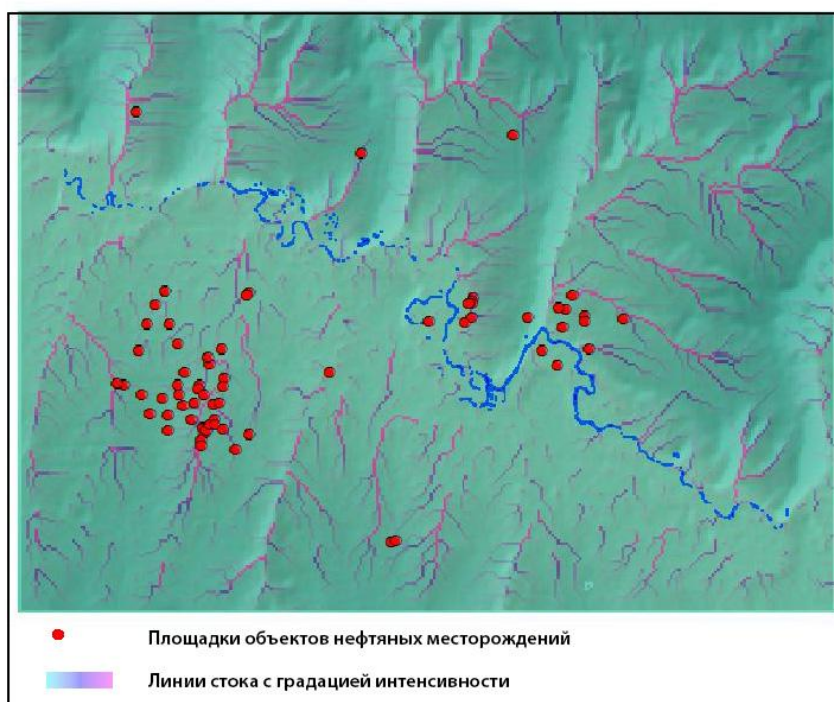


Рис. 1. Направления и интенсивность линий стока водосборной площади р. Большой Уран на территориях Боголюбовского, Кодяковского и Смоляного месторождений нефти.

Площади *естественной степи* должны составлять экологическую сеть территории, необходимую для поддержания ее экологической стабильности, предотвращая потерю биоразнообразия и деградацию ландшафтов. Общая площадь объектов экологической сети региона с определенным режимом их использования должна быть достаточной для сохранения биоразнообразия, функционировать как единое целое и способствовать балансу между естественными и антропогенно-трансформированными площадями.

Одной из наиболее сложных задач при геоэкологическом анализе состояния территорий нефтепромыслов является выявление *фактической пло-*

щадя земли, измененных и нарушенных в процессе создания и функционирования объектов нефтедобычи. Земли отводятся под объекты инфраструктуры (площадки скважин, установок сбора и подготовки нефти, факельных установок, создания нефтяных и шламовых амбаров и др.), транспортные коммуникации (дорожную сеть, сеть линий электропередач, сеть трубопроводов). Одновременно нарушается естественное состояние участков, не отведенных в специальное пользование, но подвергающихся негативным воздействиям (механическим, химическим, тепловым и др.). На рисунке 2 показаны площади нарушенных территорий на ключевом участке исследования, выявленные на основе анализа данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).



Рис. 2. Участок Кодяковского месторождения нефти: 1 - локализация контрольных объектов, 2 - нарушенные земли, идентифицированные на основе метода расчета текстурной характеристики *Variance* для синего канала изображения.

Количественные и качественные характеристики земель, нарушенных в процессе недропользования, являются одним из базовых показателей геоэкологического состояния ландшафтов степной зоны, которые необходимо учитывать при разработке территориальных схем устойчивого развития и рацио-

нализации природопользования. Площадь нарушенных земель является интегральным показателем и обуславливает возникновение и развитие таких индикаторов техногенной трансформации среды, как *фрагментированность ландшафтов* и деградация земель, проблемы которых широко освещаются в научной литературе.

Независимо от вида воздействия, рекультивация, как правило, неспособна привести земли и растительный покров к первоначальному состоянию, но позволяет несколько уменьшить последствия деградации и фрагментации территории. Возможности современной рекультивации ограничиваются той или иной стадией улучшения состояния нарушенных площадей [5]. Поэтому определение количества задействованных в нефтедобыче земель является инструментом, необходимым для обнаружения закономерностей динамики ландшафтов на территориях месторождений и призванным способствовать выявлению разницы между планируемым организацией-недропользователем и фактическим ущербом почвенно-растительному покрову, а также скорректировать модели оптимизации структуры степного землепользования.

За период функционирования нефтепромыслов изученных ключевых территорий в среднем на 50%, увеличилась *плотность дорожно-транспортной сети*, являющейся наиболее агрессивным фактором фрагментации степных ландшафтов [10]. Для степной зоны негативное влияние фрагментации усиливается отсутствием ярусности растительного покрова, что способствует разрушению местообитаний степных сообществ, ставит под угрозу их функциональную целостность и может привести к деградации как отдельных компонентов, так и всей системы в целом. При этом в результате анализа Красной книги РФ (2001) и Красной книги Оренбургской области (1998) выявлено, что на ключевых территориях встречается 41 вид краснокнижных млекопитающих и 14 видов краснокнижных растений.

Для формирования представления о связи уровня фрагментированности территории и снижения ее биоразнообразия использован *индекс потери среды обитания (С)* – вероятность встречи двух особей на рассматриваемой площади. Выбор индекса обусловлен тем, что встреча особей одного вида является необходимым условием сохранения вида [2]:

$$C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i}{A_t} \right)^2,$$

где A_i , – площадь участков естественных экосистем;

n – число участков;

A_t – общая площадь территории.

Значения индекса C могут варьироваться в диапазоне от 0 до 1. При $C = 0$ вероятность встречи двух особей на территории сведена к 0. Чем выше значения индекса, тем выше степень связности ландшафтов и тем выше вероятность встречи двух особей.

Также показательным является *Коэффициент ландшафтной раздробленности* ($K_{лр}$), понимаемый как отношение среднего размера площади индивидуальных ландшафтов к площади физико-географического района в целом [14]:

$$K_{лр} = 1 - M/P ,$$

где M - средняя взвешенная площадь ландшафтного контура в районе,

P - общая площадь района.

Указанная мера дифференцированности зависит, главным образом, от количества индивидуальных ландшафтов в районе, то есть от числа элементов (n) системы. Если допустить, что в районе всего один ландшафт ($n=1$), то коэффициент примет нулевое значение – ландшафтная раздробленность отсутствует. Когда же n прогрессивно возрастает, M становится все более и более малой величиной, а коэффициент раздробленности приближается к 1, то есть своему максимуму. Очевидно, чем выше ландшафтная раздробленность района и слабее ландшафтная неоднородность, тем более зарегулирована его структура.

Индикатором как механических нарушений, так и химических загрязнений в зонах воздействия объектов месторождений может служить растительный покров территорий. Химическое загрязнение, наряду с механической трансформацией, является одной из базовых проблем функционирования нефтепромыслов. Проблемы деградации земель в районах нефтедобычи, негативные последствия их засоления и осолонцевания в различных аспектах освещены в ряде работ [1, 5, 8]. В то время как нормативные лимитирующие показатели по содержанию солей в почвах не разработаны, при бурении и аварийных утечках на поверхность часто попадают высокоминерализованные пластовые воды, буровой шлам и загрязненные грунты. Развитие вторичного засоления является одним из главных деградиционных процессов растительного и почвенного покровов, причиной изменений состава почвен-

ных микроорганизмов [1], снижения биоразнообразия в местах развития нефтедобывающей инфраструктуры, наряду с переуплотнением почвенного слоя и потерей влаги.

Следует отметить, что без наличия данных ДЗЗ, навыков их дешифрирования и наличия соответствующего программного обеспечения получить информацию относительно большей части индикаторов сложно или вообще невозможно. Представленный перечень показателей не является окончательным и исчерпывающим и должен корректироваться в случае изменений ситуаций, тенденций и проблем.

Присвоение показателям весовых значений – еще одна важная задача.

Варианты совокупностей представленных показателей, реализованные на территориях нефтепромыслов, формируют различные уровни техногенной трансформации ландшафтов, в ряде случаев образуя так называемые зоны геоэкологической напряженности [11, 17], под которыми понимаются участки, формирующиеся при критическом истощении природно-ресурсного потенциала, где в результате хозяйственной деятельности происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей среде, характеризующиеся деградацией или разрушением естественных систем.

Определение уровней техногенной трансформации ландшафтов будет выполнено на основе непосредственной (балльной) оценки территории с использованием оценочной шкалы, разработанной для представленных индикаторов и индексов. Каждому индикатору и индексу в диапазоне изменения их характеристик будет присвоен определенный балл, соответствующий вкладу показателя в процесс техногенного преобразования и формирования геоэкологического состояния территории. Для этого, в первую очередь, необходимо ранжирование системы индикаторов по уровням приоритетности. В то же время, поскольку общепризнанные приоритеты в ранжировании экологических проблем отсутствуют, формально все переменные должны получать равный вес.

Таким образом, основным вопросом при проведении балльной оценки является так называемое взвешивание оценочных показателей, иначе говоря, определение их удельной значимости, характеризующей влияние каждого из них. На начальном этапе этой работы наиболее продуктивным кажется метод экспертной оценки значимости признака, в результате чего устанавливается его доля в общей оценке итогового балла.

Методы экспертных оценок являются частью обширной области теории принятия решений, а само экспертное оценивание представляет собой процедуру получения оценки проблемы (в данном случае – показателя) на основе мнения специалистов (экспертов) с целью последующего принятия решения (выбора) [9]. Все показатели будут непосредственно оценены каждым членом команды исследовательского проекта, а затем после обсуждений и поправок каждому показателю в определенном диапазоне его значений будет присвоен окончательный балл.

На наш взгляд, при ведении любого вида хозяйственной деятельности в степной зоне должны учитываться ее природные особенности.

Выполненная на основе предложенного подхода интерпретация интенсивности и особенностей использования степных природно-техногенных систем позволит провести сравнительный анализ состояния и тенденций трансформирования ландшафтов в регионах, осуществляющих добычу нефти. Такие исследования, а также сформированные на их основе рекомендации по оптимизации природопользования в настоящее время высоко востребованы на муниципальном и региональном уровнях и могут применяться для целей дальнейшего планирования хозяйственной деятельности.

*(Работа выполнена в рамках Комплексной программы УрО РАН
"Сопряженный анализ геоэкологического состояния степных экосистем Северной
Евразии и Северной Америки в регионах нефтегазодобычи" №0421-215-0014)*

ЛИТЕРАТУРА

1. Gao Y.C., Wang J.N., Guo S.H., Hu Y.L., Li T.T., Mao R., Zeng D.H. Effects of salinization and crude oil contamination on soil bacterial community structure in the Yellow River Delta region. China. Applied Soil Ecology. 2015. 86: 165-173. (URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139314002959>).
2. Jaeger J.A., Schwarz-von Raumer H.G., Esswein H., Müller M., Schmidt-Lüttmann M. Time series of landscape fragmentation caused by transportation infrastructure and urban development: a case study from Baden-Württemberg. Ecology and Society. 2007. 12(1): 22. (URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art22>).
3. Mjachina K.V., Baynard C.W., Chibilyev A.A. Oil and gas development in the Orenburg region of the Volga–Ural steppe zone: qualifying and quantifying disturbance regimes. International Journal of Sustainable Development and World Ecology. 2014. 21 (2): 111- 126 (URL: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13504509.2013.867908>).
4. Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD. (URL: <http://www.oecd.org/rusweb/rusfeder/5/10/e.htm>).
5. Габбасова И.М. Деградация и рекультивация почв Башкортостана. Уфа: Гилем, 2004. 284 с.
6. Географический атлас Оренбургской области / Науч. ред. и сост. А.А. Чибилёв. М.: Изд-во «ДИК»; Оренбург: Оренб. кн. изд-во, 1999. 95 с.
7. Зиганшин М.Г., Колесник А. А, Посохин В.Н. Проектирование аппаратов пылегазоочистки. М.: Экопресс-3М, 1998, 505 с.

8. Казанцева, М.Н. Техногенное засоление земель Тюменской области и его последствия для растительного покрова. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. 8: 150.
9. Методы экспертных оценок. (URL: <http://www.pvsm.ru/matematika/41072>)
10. Мячина К.В. К анализу изменений степных ландшафтов в районах нефтегазодобычи с использованием космических изображений. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2014. 4: 1-8 [Электронный ресурс]. (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2014-4/Articles/Mjachina-2014-4.pdf>).
11. Мячина К.В. Устойчивость и геоэкологическая напряжённость ландшафтов степной зоны Заволжья и Урала. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2011. 1: 105-110.
12. Мячина К.В., Малахов Д.В. Опыт применения данных дистанционного зондирования среднего пространственного разрешения для выделения объектов нефтепромыслов в условиях техногенно-модифицированного ландшафта (на примере Оренбургской области). Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15. №3 (7): 2341-2345.
13. Мячина, К.В., Токарева, О.С. Геоэкологический анализ степных ландшафтов в районах нефтегазодобычи (на примере Оренбургской области). Известия Томского политехнического университета. 2014. 324 (1): 196-202.
14. Николаев В.А. Классификация и мелкомасштабное картографирование ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1978. 62 с. (URL: http://www.landscape.edu.ru/book_nikolaev_1978.shtml#03).
15. Чибилёв А. А., Мячина К. В. Геоэкологические последствия нефтегазодобычи в Оренбургской области. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 134 с.
16. Чибилёв А.А. Степи Евразии: сохранение природного разнообразия и мониторинг состояния экосистем. Матер. Междунар. симпозиума. Предисловие. Оренбург, 1997. 178 с. (URL : <http://artlib.osu.ru/web/books/chibilev/book0108.pdf>).
17. Чибилёв А.А., Мячина К.В., Дубровская С.А. Техногенное воздействие на ландшафты степной зоны: типизация, последствия, ограничения. Проблемы региональной экологии. 2014. 6: 20-26.

Поступила 9.10.2015

*(Контактная информация: **Мячина Ксения Викторовна** – кандидат географических наук, научный сотрудник Института степи УрО РАН; адрес: 460000, Оренбург, ул. Пионерская, 11; тел. (3532) 776247, факс (3532) 774432; e-mail: orensteppe@mail.ru)*

LITERATURA

1. Gao Y.C., Wang J.N., Guo S.H., Hu Y.L., Li T.T., Mao R., Zeng D.H. Effects of salinization and crude oil contamination on soil bacterial community structure in the Yellow River Delta region. China. Applied Soil Ecology. 2015. 86: 165-173. (URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139314002959>).
2. Jaeger J.A., Schwarz-von Raumer H.G., Esswein H., Müller M., Schmidt-Lüttmann M. Time series of landscape fragmentation caused by transportation infrastructure and urban development: a case study from Baden-Württemberg. Ecology and Society. 2007. 12(1): 22. (URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art22>).
3. Mjachina K.V., Baynard C.W., Chibilyev A.A. Oil and gas development in the Orenburg region of the Volga-Ural steppe zone: qualifying and quantifying disturbance regimes. International Journal of Sustainable Development and World Ecology. 2014. 21 (2): 111- 126 (URL: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13504509.2013.867908>).
4. Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD. (URL: <http://www.oecd.org/rusweb/rusfeder/5/10/e.htm>).
5. Gabbasova I.M. Degradacija i rekul'tivacija pochr Bashkortostana. Ufa: Gilem, 2004. 284 s.

6. Geograficheskiy atlas Orenburgskoj oblasti / Nauch. red. i sost. A.A. Chibil'ov. M.: Izd-vo «DIK»; Orenburg: Orenb. kn. izd-vo, 1999. 95 s.
7. Ziganshin M.G., Kolesnik A. A., Posohin V.N. Proektirovanie apparatov pylegazo-ochistki. M.: Jekopress-ZM, 1998, 505 s.
8. Kazanceva, M.N. Tehnogennoe zasolenie zemel' Tjumenskoj oblasti i ego posledstvija dlja rastitel'nogo pokrova. Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2014. 8: 150.
9. Metody jekspertnyh ocenok. (URL: <http://www.pvsm.ru/matematika/41072>)
10. Mjachina K.V. K analizu izmenenij stepnyh landshaftov v rajonah neftegazodobychi s ispol'zovaniem kosmicheskikh izobrazhenij. Bjul'eten' Orenburgskogo nauchnogo cen-tra UrO RAN. 2014. 4: 1-8 [Jelektronnyj resurs]. (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2014-4/Articles/Mjachina-2014-4.pdf>).
11. Mjachina K.V. Ustojchivost' i geojekologicheskaja naprjazhjonost' landshaftov stepnoj zony Zavolzh'ja i Urala. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Se-rija: Geografija. Geojekologija. 2011. 1: 105-110.
12. Mjachina K.V., Malahov D.V. Opyt primenenija dannyh distancionnogo zondirovanija srednego prostranstvennogo razreshenija dlja vydelenija ob#ektov neftepromyslov v uslovijah tehnogenno-modificirovannogo landshafta (na primere Orenburgskoj oblasti). Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2013. T. 15. №3 (7): 2341-2345.
13. Mjachina, K.V., Tokareva, O.S. Geojekologicheskij analiz stepnyh landshaftov v rajonah neftegazodobychi (na primere Orenburgskoj oblasti). Izvestija Tomskogo politehni-cheskogo universiteta. 2014. 324 (1): 196-202.
14. Nikolaev V.A. Klassifikacija i melkomasshtabnoe kartografirovanie landshaftov. M.: Izd-vo MGU, 1978. 62 s. (URL: http://www.landscape.edu.ru/book_nikolaev_1978.shtml#03).
15. Chibil'ov A. A., Mjachina K. V. Geojekologicheskie posledstvija neftegazodobychi v Orenburgskoj oblasti. Ekaterinburg: UrO RAN, 2007. 134 s.
16. Chibil'ov A.A. Stepi Evrazii: sohranenie prirodnoho raznoobrazija i monitoring so-stojanija jekosistem. Mater. Mezhdunar. simpoziuma. Predislovie. Orenburg, 1997. 178 s. (URL : <http://artlib.osu.ru/web/books/chibilev/book0108.pdf>).
17. Chibil'ov A.A., Mjachina K.V., Dubrovskaja S.A. Tehnogennoe vozdejstvie na landshafty stepnoj zony: tipizacija, posledstvija, ogranichenija. Problemy regional'noj jekologii. 2014. 6: 20-26.

Образец ссылки на статью:

Мячина К.В. Методика анализа геоэкологического состояния степных экосистем в регионах нефтедобычи с использованием данных дистанционного зондирования. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2015. 4: 1-14 [Электронный ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2015-4/Articles/MKV-2015-4.pdf>).