

УДК 55; 504; 574

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЛИТОСФЕРЫ
В ЭПОХУ ТЕХНОГЕНЕЗА ПОД ВЛИЯНИЕМ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
(РЕСУРСНАЯ И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ)¹**

В. Т. Трофимов², М. А. Харьковина³, Т. А. Барабошкина⁴, А. Д. Жигалин⁵

TRANSFORMATION OF ECOLOGICAL FUNCTIONS OF THE LITHOSPHERE IN THE
TECHNOGENESIS PERIOD UNDER THE ACTION OF AGRICULTURAL ACTIVITY
(RESOURCE AND GEOCHEMICAL ECOLOGICAL FUNCTIONS)

Trofimov V. T., Kharkina M. A., Baraboshkina T. A., Zhigalin A. D.

Transformation of resource and geochemical ecological functions of the lithosphere (EFL) is characterized. It is expressed in the alteration of lithosphere resources vital for biota and human society life activity, quality of the geological space resource, and also in the formation of new spatial distribution of geochemical fields. Classification of basic ecological effects of the alteration of resource and geochemical EFL under the action of agriculture, live-stock farming, and melioration is fulfilled.

Введение

Экологические функции литосферы (ЭФЛ) представляют собой все многообразие функций, определяющих роль литосферы в жизнеобеспечении биоты и, главным образом, человеческого сообщества. Многообразие функциональных зависимостей между природной и техногенно-преобразованной литосферой, с одной стороны, и биотой, с другой стороны, сводится к четырем экологическим функциям — ресурсной, геодинамической, геофизической и геохимической [1].

Ресурсная функция определяет роль минеральных, органических и органоминеральных ресурсов и геологического пространства

литосферы в жизнедеятельности биоты как в качестве биогеоценоза, так и социальной структуры. Геохимическая функция отражает свойство геохимических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты в целом, включая человека.

Сельское хозяйство как любой другой вид производственной деятельности, осуществляемой в контакте с природой, вносит свою лепту в трансформацию экологических функций литосферы. Уровень вклада этого вида деятельности в изменение эколого-геологических условий определяется функционированием предприятий, занятых производством и переработкой сельскохозяйственной продукции.

¹Работа выполнена при поддержке программы «Университеты России».

²Трофимов Виктор Титович, д-р геол.-минерал. наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной и экологической геологии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

³Харьковина Марина Анатольевна, старший научный сотрудник Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

⁴Барабошкина Татьяна Анатольевна, старший научный сотрудник Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

⁵Жигалин Александр Дмитриевич, ведущий научный сотрудник Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

Земледелие связано с распашкой земли, нарушением вследствие этого естественного покрова, перестройкой почвенных профилей и уменьшением содержания гумуса. Отличительной особенностью земледелия является постоянство мест расположения пахотных площадей и длительное их использование. Животноводство связано с организацией пастбищ, сенокосов, содержанием ферм и хранением отходов. Мелиорация предполагает улучшение почв путем изменения их химического состава за счет внесения органических и минеральных удобрений, создание ирригационных сооружений, а также регулирование водного режима. Орошение земель является необходимым компонентом земледелия и непременным условием поддержания урожайности сельскохозяйственных культур на уровне, обеспечивающем выживание человека как биологического вида. Современное сельское хозяйство не может обходиться без орошения. В настоящее время на орошаемых землях получают более 50 % всей мировой продукции сельского хозяйства [2].

Сельскохозяйственная деятельность обуславливает трансформацию в разной степени всех экологических функций литосферы. Наиболее интенсивно трансформируются ресурсная, геохимическая и геодинамическая экологические функции, тогда как геофизическая экологическая функция изменяется в меньшей степени.

1. Изменение ресурсной ЭФЛ под влиянием сельскохозяйственной деятельности и экологические последствия

Удобно рассматривать три составляющие изменения этой ЭФЛ: ресурсы, необходимые для жизни биоты; ресурсы, необходимые для жизни и деятельности человеческого общества и ресурсы геологического пространства.

Трансформация ресурсов литосферы, необходимых для жизни биоты. Жизнь на Земле обеспечивается макробиогенными и микробиогенными элементами и их соединениями, поступающими из литосферы. Макробиогенные элементы, требующиеся биоте в больших количествах, включают углерод, кислород, азот, водород, кальций, фосфор, серу и другие. Микробиогенные элементы необходимы для живых организмов в ма-

лых количествах. Для растений — это: Fe, Mg, Cu, Zn, B, Si, Mo, Cl, V, Ca. Они обеспечивают функции фотосинтеза, азотного обмена и метаболическую функцию. Для животных требуются как перечисленные элементы (кроме бора), так и дополнительно селен, хром, никель, фтор, йод и олово [3]. Для представителей человеческой популяции среди микроэлементов жизненно-важными (эссенциальными) являются: железо, йод, медь, цинк, кобальт, хром, молибден, никель, ванадий, селен, марганец, мышьяк, фтор, кремний, литий. Значение их в целом сравнимо со значением витаминов, важно, что они не синтезируются в организме, а поступают из внешней среды, в том числе из литосферы.

Значительный вклад в трансформацию элементов биофильного ряда вносит сельскохозяйственная деятельность. На агроосвоенных территориях синхронно со сбором продукции существенное количество биофильных элементов ежегодно изымается из почвы безвозвратно. Мелиорация, связанная с внесением минеральных и органических удобрений, обуславливает мощный дополнительный приток биофильных элементов в природную эколого-геологическую систему. Расчет баланса микроэлементов между количеством, вносимым в почву с удобрениями, и выносимым растениями, показал, что из почвы во многих регионах ежегодно выносятся растениями больше микроэлементов, чем в нее вносятся с удобрениями. Наибольший дефицит обнаружен для бора, молибдена, цинка, меди, наименьший — для марганца [4].

При химической мелиорации в почву поступают очень высокие дозы азотных удобрений. В среднем на каждый гектар обрабатываемых земель в Европе вносится 50 кг азота, но эта доза очень широко варьирует от 12 кг/га в Боснии и 37 кг/га в Португалии до 194 кг/га в Нидерландах [5].

Высокая концентрация макроэлементов в почве действует антагонистически на усвоение растениями микроэлементов. Например, недостаток магния часто вызывается высокими дозами хлористого калия, а примесь натрия отрицательно влияет на усвоение магния. При внесении высоких доз фосфорных удобрений понижается усвоение цинка. Интенсивность отрицательного действия ионов фосфора зависит от вида фосфорного удобрения (полифосфата, суперфосфата или ам-

мофоса) и присутствия подвижного железа в почве [4].

Среди негативных процессов следует назвать дегумификацию — снижение содержания гумуса в почве. Она возникает в результате внесения кислых минеральных удобрений или при сработке органогенных горизонтов при длительном использовании земель. Известно, что внесение азотных удобрений усиливает кислотность почвенных растворов, а растворимые в кислой среде органические соединения гумуса разлагаются.

Сработка органогенных горизонтов характерна для осушенных торфяников. На мощных торфяниках эти процессы более длительные, на маломощных — более скоротечные. За 70 лет сельскохозяйственного использования осушенных торфяников Новгородской и Минской областей мощность органогенной толщи уменьшилась с 1,5–2,0 до 0,3–0,4 м [6]. При истощении торфяной залежи до мощности пахотного слоя начинается процесс минерализации органического вещества, что неизбежно приводит к снижению урожайности пропашных культур. Такие процессы минерализации осушенных торфяников описаны в Украинском Полесье. Максимальная продуктивность этих земель приходится на 5–7 год после осушения, а заметное ее снижение — на 10–15 год. В целом «срок жизни» мелиорированных торфяников этого региона равен 50 годам. В дальнейшем происходит неизбежный вывод пашни из оборота и замена ее лугами.

Трансформация ресурсов, необходимых для жизнедеятельности человеческого общества связана с дефицитом пресных вод. Не секрет, что в районах интенсивного орошаемого земледелия для поливов используют подземные воды. В случае использования для орошения подземных вод повышенной минерализации происходит вторичное засоление ранее плодородных почв. Например, в Молдавии в 1960–1965 гг. предпринимались попытки «рационального» использования подземных вод, полученных при осушении карьеров разрабатываемого гипсового Кривского месторождения [7]. В случае использования для орошения пресных подземных вод может произойти повышение их минерализации в пределах всего водоносного горизонта за счет их инфильтрации через толщ засоленных почв и массивов горных пород, как это произошло в степном Крыму.

В сельскохозяйственных районах нитраты являются самым масштабным загрязнителем подземных вод, грунтовые воды многих стран содержат нитраты в концентрациях, значительно превышающих предельно допустимые. Максимальные концентрации могут превышать 1000 мг/л. При существующих темпах внесения удобрений скорость увеличения нитратов в таких водах составляет 0,1–6 мг/л в год. Это способствует росту токсичности грунтовых вод и увеличению эндемических заболеваний. Скорость вертикального движения нитратов в водоносных известняках и песчаниках составляет около 1 м в год, вследствие этого загрязнение напорных вод продуктивных горизонтов артезианских бассейнов нитратами — широко распространенное явление.

Значительно меньшая доля в загрязнении подземных вод принадлежит калийным и фосфорным удобрениям. Соединения калия и фосфора хорошо усваиваются растениями, а также сорбируются глинистыми компонентами пород: лишь незначительная их часть, не зафиксированная на этих барьерах, выносится в подземные воды.

Трансформация ресурсов геологического пространства. В настоящее время земельные ресурсы, необходимые для ведения сельского хозяйства, лимитированы. Площадь земель под зерновые культуры (ее физический прирост) увеличилась с 600 млн га в 1950 г., до 730 млн га в 1980 г., а последние 20 лет стабилизировалась на уровне 680 млн га.

Изменения затронули и ресурсы литосферы, необходимые для расселения биоты. По современным данным планета утратила за время существования цивилизации около млрд га некогда плодородных почв, превратив их в техногенные пустыни [8]. Это больше, чем площадь современной пашни в мире. Отметим отдельно, что процесс опустынивания охватывает все климатические зоны, включая влажные тропики Африки [9]. Так, в Демократической Республике Конго исторически сложилась система кочевого земледелия, которая предполагает долгий срок нахождения пашни под паром — до 30 лет. Восстановление плодородия заброшенных земель было необходимым условием сельского хозяйства. При сокращении этого периода почвы становятся бедными и, наконец, бесплодными. Давно возделываемые поля полностью теряют растительность. Население стихийно мигрирует в

неосвоенные районы, которые затем тоже опустыниваются.

Экологические последствия трансформации ресурсной ЭФЛ. С появлением сельского хозяйства и распашки земли произошло сужение ареалов распространения «диких» (природных) видов растений и животных. По мере расселения людей по всему земному шару некоторые виды живых организмов исчезли вовсе. По данным биолога Эдвара Уйлсона, потери составляют несколько тысяч видов в год. Распахивая луга, человек заменяет тысячи взаимосвязанных видов растений и животных сильно упрощенной монокультурной экосистемой. Современное сельское хозяйство основывается на намеренном удержании экосистемы на ранних стадиях ее развития, когда продуктивность биомассы одного или нескольких видов (например, кукурузы или пшеницы) высокая. Подобные упрощенные экосистемы очень уязвимы, происходит непрерывное вторжение пионерных видов. С позиции человека, если происходит вторжение растений — это сорняки, если насекомых или других животные — это вредители, если микроорганизмов — это возбудители болезней. Все пионерные виды уничтожаются, нередко с применением ядохимикатов, провоцируя тем самым дальнейшее нарушение структуры биоты на новых уровнях.

Земледелие включает в себя ряд процессов, влияющих на содержание элементов биофильного ряда и гумуса в почве: изъятие биомассы растений из биологического круговорота веществ, в пределах сельскохозяйственных массивов, приводит к обеднению почв и загрязнению среды отходами урожая в местах его использования. Замена естественного биоценоза на искусственный, представленный монокультурой, приводит без применения удобрений к истощению почв, снижению их плодородия, накоплению токсичных веществ, различных вредителей (таблица).

В соответствии с теорией пороговых концентраций В.В. Ковальского [3] организм может успешно регулировать свои функции только в условиях определенных пределов изменения геохимической среды. При значениях концентраций элементов, меньших нижней пороговой величины (недостаточное поступление химических элементов в организм) и больших верхнего порога (избыточное поступление химических элементов), функция гомеостатической регуляции нарушается.

Техногенный привнос и накопление в почвенном слое и подстилающих горных породах дополнительного количества биофильных элементов не проходит бесследно. В нем возникает ряд ответных реакций: увеличивается продуцирование биомассы, изменяются химический состав и кислотность почвенных растворов и грунтовых вод, интенсифицируются процессы миграции химических соединений, в том числе и питательных элементов.

Осушение земель приводит к уменьшению содержания влаги в корнеобитаемом слое. Такой процесс захватывает не только мелиорируемые массивы (и тогда он имеет позитивные экологические последствия), но и соседние земли, где его развитие нежелательно. Так, в Нечерноземной полосе России из-за некачественных проектов, нарушений технологии строительства и эксплуатации дренажных систем на соседних с орошаемыми массивами территориях стали гибнуть леса, развился процесс опустынивания, который принял региональный характер. По оценкам ряда ученых [10] на каждого жителя России приходится 0,5 га техногенных пустынь. Особенно сильно процесс техногенного опустынивания проявился в Приаралье. Опустынивание Приаралья лишь на первый взгляд связано с недостатком воды. Главная причина экологического бедствия заключается в неверной стратегии размещения производительных сил в Средней Азии и в Казахстане, ориентированной в основном на водоемкие производства и монокультуру хлопчатника, нуждающегося в обильном поливе.

Снижение наземной биомассы растений отмечается часто при использовании для орошения подземных вод, имеющих повышенную минерализацию и служащих источником вторичного засоления почв. Подобные случаи известны в Забайкалье [11], где за счет этого процесса снизилась наземная биомасса у овса на 0,49 кг/м², у донника на 0,39 кг/м², у люцерны на 0,52 кг/м² по сравнению с полями, орошаемыми пресной водой. В Забайкалье накоплению солей в почвах способствуют криогенные процессы. В период осенне-зимнего промерзания происходит сезонная переброска солей (совместно с криомиграционной влагой) в верхние слои почвы.

Использование в течение 30 лет для орошения пресных подземных вод в Крыму привело к снижению качества и потере запасов пресной питьевой воды [12]. От-

Экологические последствия трансформации ресурсной ЭФЛ при сельскохозяйственной деятельности

Вид воздействия	Вид ресурса	Экологические последствия	
		позитивные	негативные
Сбор урожая	Ресурсы, необходимые для жизни биоты	Обеспечение людей продуктами питания	Истощение почв за счет изъятия части макро- и микроэлементов
Внесение удобрений		Увеличение биомассы растений	Снижение качества продукции вследствие накопления нитратов и других вредных соединений и элементов
Орошение с использованием подземных вод	Ресурсы, необходимые для жизнедеятельности человеческого сообщества	Временное увеличение урожая	Потеря плодородия из-за вторичного засоления, потеря ресурсов пресных подземных вод вследствие увеличения их минерализации
Земледелие	Ресурсы геологического пространства	Увеличение биомассы одного из видов растений	Нарушение структуры биоты
Осушение		Временное увеличение урожая	Вывод пашни из оборота из-за сработки органогенной толщи
Орошение		Увеличение урожая	На прилегающих участках вывод пашни из оборота вследствие вторичного засоления почв

качка 5 км³ пресных подземных вод из Равнинно-Крымского артезианского бассейна и использование их для эксплуатации Северо-Крымского оросительного канала привели к засолению 20 км³ пресных подземных вод, еще более 10 км³ вод этого бассейна стали солоноватыми.

2. Изменение геохимической ЭФЛ под влиянием сельскохозяйственной деятельности и экологические последствия

Трансформация геохимической ЭФЛ связана с использованием в земледелии удобрений (азотных, фосфорных и калийных) и ядохимикатов и накоплением органических отходов в животноводстве и птицеводстве. По данным Н. Я. Трефиловой [13], наиболее часто в качестве загрязнителей почв земель сельскохозяйственного назначения выступает целый комплекс токсичных элементов — Hg, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Sn, Ag.

При попадании соединений азота в почву аммонийная их форма (NH⁴⁺) хорошо сорбируется породами и не вымывается так быстро, как нитратная. Та часть солей аммония, которая не усваивается растениями и не сорбируется породами, окисляется сначала до нитритов, а затем до нитратов. По своим мигра-

ционным свойствам нитраты являются аналогом хлора: они отличаются высокой растворимостью и отсутствием гидрохимических барьеров.

Ядохимикаты широко применяются в земледелии как средства борьбы с сорняками, вредителями и болезнями растений. Пестициды — это высокотоксичные хлор-фосфор-ртутьсодержащие органические вещества. В настоящее время известно более ста тысяч пестицидов, что затрудняет их аналитическую идентификацию в окружающей среде. 70–80 % хлорорганических (ХОП) и фосфорорганических пестицидов применяется в Западной Европе, Японии и США. Многие из них, прежде всего ДДТ, не разлагаются несколько десятков лет и аккумулируются в почвах, водах, донных осадках, пищевых цепях, вредно действуя на организмы.

Животноводческие территории охватывают пастбища и животноводческие комплексы. Ассоциации накапливающихся элементов в отходах животноводческих комплексов представлены V, Sr, Zn, Cu, F, Ag, Bi, Sn с некоторыми вариациями в зависимости от видов отходов. Отходы птицефабрик обогащены Zn, W, Sr, Cu, Ag; комплексов крупного рогатого скота — Zn, W, Sr, Ag, F; свиноводческих комплексов — W, Sr, B, Sn. Естественно, что использование отходов животноводческих ком-

плексов в качестве удобрения, особенно важного для выращивания овощей, будет обогащать (загрязнять) почвы и продукцию указанными элементами. Пастбища представляют собой территории слабого загрязнения отходами животноводческих комплексов, главным образом Zn, Sr [13].

В районах интенсивного животноводства кроме промышленных отходов-стоков существенное влияние на ландшафты оказывают органические отходы животноводческих комплексов, содержащие азот, сероводород, метан, тяжелые металлы, высокие концентрации которых токсичны. В ландшафтах лесной зоны умеренного пояса контрастность аномалий, связанных с отходами, увеличивается в ряду: птицефабрики — комплексы крупного рогатого скота — свиноводческие комплексы. Суммарное загрязнение почв этими отходами сопоставимо со слабым и средним загрязнением в промышленных городах ($Z_c = 10-30$).

Воздействие на приповерхностную часть литосферы крупных животноводческих комплексов, птице- и звероферм соизмеримо с воздействием промышленных объектов. Отходы животноводства являются источниками сильного химического и бактериального загрязнения природных вод. В первую очередь — это органические вещества (мочевина, органические кислоты, фенолы, медицинские препараты, добавляемые в корм, СПА-Вы и т. д.), неорганические вещества (соединения азота, фосфора и калия, Cu, Mn, Zn, Co, As, Fe и другие микроэлементы), патогенные микроорганизмы (сальмонеллы, бациллы Банга), бактерии фекального загрязнения и гетеротрофные сапрофитные микроорганизмы. Загрязнение подземных вод происходит как в результате фильтрации из навозохранилищ, так и в случае повышенных доз, внесенной в почву в качестве удобрения навозной жижи.

Экологические последствия трансформации геохимической ЭФЛ. Человек потребляет в сутки 1 кг пищи преимущественно сельскохозяйственного производства. Даже при ничтожных концентрациях опасных ингредиентов организм человека подвергается опасности накопления канцерогенов в течение жизни. Особенно губительны пестициды. По данным ЮНЕП (1986 г.), в мире ежегодно отравляется пестицидами около 1 млн человек, из них 5–20 тыс. умирают [14].

Часто концентрация токсикантов в цепях питания увеличивается в силу биоаккумуляционного эффекта. В США такие явления описаны на примере белоголовый орлан и скопы, питавшихся рыбой, обитавшей в водах, содержащих ДДТ и другие пестициды. В экологическом отношении особую тревогу вызывает привыкание организмов к пестицидам. С течением времени для получения одного и того же эффекта приходится применять все больше и больше пестицидов. Например, устойчивость колорадского жука к пестицидам в ряде районов США возросла в 20 раз. Скорость привыкания организмов к ядам обычно тем значительнее, чем более короткий цикл воспроизводства этих организмов. Насекомые и сорняки, как правило, характеризуются короткими циклами и поэтому привыкают к определенным дозам пестицидов быстрее, чем другие организмы. Человек потребляет значительное количество пищи с верхних уровней цепей питания, поэтому пестициды и тяжелые металлы он часто получает в наиболее концентрированном виде.

Интересный феномен наблюдается на определенном этапе применения пестицидов — они выступают в роли стимулятора размножения самих вредителей. Этому, кроме быстрой адаптации, способствует также уничтожение их конкурентов или хищников, стоящих на более высокой ступени развития и характеризующихся меньшей скоростью адаптации. Существует даже такой термин — «разведение вредителей с помощью пестицидов». Вред пестицидов часто связан не столько с действием на сами организмы, сколько на их потомство. Например, белоголовый орлан и скопа (рыбоядные виды) вымирали в США вследствие того, что родители не могли высиживать птенцов, так как яйца имели слабую скорлупу из-за нарушения кальциевого обмена под воздействием ДДТ.

Нужно иметь в виду, что только около 1 % вносимых в среду ядов имеет непосредственный контакт с теми видами организмов, против которых они применяются. Остальная их масса попадает в различные звенья окружающей среды. Кроме того, имеет место их трансформация в среде. Так, например, известный ДДТ под действием ультрафиолетового излучения превращается в другой стойкий и ядовитый токсикант ПХБ. Последний, как и сам ДДТ, имеет значительный срок жизни, накап-

ливается в цепях питания, трансформирует репродуктивные и другие структуры [14].

Пестициды, причиняющие минимальный вред экосистемам (например, с коротким сроком жизни), целесообразно применять только в тех случаях, когда другие методы не позволяют достичь поставленной цели. Например, для снятия «вспышек численности» нежелательных видов. В других случаях надо использовать более мягкие методы: беспестицидные технологии, биотехнологии, биологические меры борьбы с вредителями при жестком контроле качества сельскохозяйственной продукции.

В дальнейшем будут рассмотрены изменения под влиянием сельскохозяйственной деятельности еще двух экологических функций литосферы — геодинамической и геофизической, а также общие закономерности их трансформации.

Литература

1. Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. Формирование экологических функций литосферы. СПб: НИИ земной коры, 2005. 190 с.
2. Горшков С. П. Концептуальные основы геоэкологии. Смоленск: Смоленский государственный университет, 1998. 448 с.
3. Ковальский В. В. Геохимическая среда и жизнь. М.: Наука, 1982. 282 с.
4. Чумаков А. В. Визуальная диагностика недостатка питательных веществ в почве // Биологическая роль микроэлементов. М.: Наука, 1983. С. 10–70.
5. Романова Э. П. Современные ландшафты Европы. М.: Изд-во МГУ, 1997. 312 с.
6. Ефимов В. Н., Мунгина Н. Ф. Изменение состава органического вещества торфяных почв за 70 лет их сельскохозяйственного использования // Почвоведение. 1986. № 7. С. 79–87.
7. Верина В. Н., Ботнарь В. Б., Цариградский В. В. Минеральный состав вод Кривской карстовой пещеры. Географические исследования и территориальная организация хозяйства. Кишинев: Штиинца, 1983. С. 125–139.
8. Ларионов Г. А. Эрозия и дефляция почв. М.: МГУ, 1993. 200 с.
9. Матье К. Е. Деградация земель в гумидно-тропических районах Африки: проблемы и перспективы // Почвоведение. 2000. № 8. С. 1016–1022.
10. Данилов-Данилян В. И., Горшков В. Г., Арский Ю. М., Лосев К. С. Окружающая среда между прошлым и будущим: мир и Россия. М.: ВИНТИ, 1994. 133 с.
11. Куликов А. И., Мангатаев Ц. Д. Изменение солевого режима при орошении минерализованной водой в условиях Забайкалья // Почвоведение. № 3. 2000. С. 346–353.
12. Галченко Ю. П., Бурцев Л. И., Ефремов А. А. Биологическая регламентация при подземном освоении недр // Вест. Росс. академии наук. Т. 70. № 11. 2000. С. 994–1004.
13. Трефилова Н. Я. Геохимическая специализация территорий различного хозяйственного использования // Прикладная геохимия. Вып. 1. Геохимическое картирование / Под ред. Э. К. Буренкова. М.: ИМГРЭ, 2000. С. 135–144.
14. Экогеология России. Т. 1. Европейская часть / Гл. ред. Г. С. Вартамян. М.: Геоинформмарк, 2000. 300 с.
15. Юфит С. С. Яды вокруг нас. М.: Классика стиль, 2002. 368 с.

Статья поступила 17 октября 2005 г.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

© Трофимов В. Т., Харькина М. А., Барабошкина Т. А., Жигалин А. Д., 2005