

УДК 55; 504; 574

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЛИТОСФЕРЫ В ЭПОХУ ТЕХНОГЕНЕЗА ПОД ВЛИЯНИЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ И ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ)¹

Трофимов В. Т.², Харьковина М. А.³, Барабошкина Т. А.⁴, Жигалин А. Д.⁵

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

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

Transformation of the geodynamic and geophysical ecological functions of the lithosphere (EFL) are characterized. It is expressed in the activation of natural geological processes and starting up of new technogenic ones, and also in the formation of new spatial distribution of geophysical fields. General regularities of transformation of all EFL are formulated.

Введение

В работе [1] освещены проблемы трансформации ресурсной и геохимической экологических функций литосферы (ЭФЛ) под влиянием сельскохозяйственной деятельности. Здесь рассмотрим изменения других экологических функций литосферы — геодинамической и геофизической.

Геодинамическая функция отражает свойство литосферы влиять на состояние биоты, безопасность и комфортность проживания человека через природные и техногенные процессы и явления, а геофизическая — свойства природных и техногенных геофизических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты в целом, включая человека [2].

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

Трансформация геодинамической ЭФЛ. При земледелии наиболее значитель-

но изменяются *эрозионные процессы*. Обычно в течение первых нескольких лет распашки запас гумуса в почве снижается на 25–50% от исходного на целине. Вследствие распашки земли интенсивность эрозии почвы увеличилась не менее чем в пять раз по сравнению с естественным плоскостным смывом [3].

Эрозии почв и почвообразующих горных пород подвержены все континенты, за исключением Антарктиды. Две трети территории России являются потенциально опасными в отношении эрозии. Именно она явилась причиной разрушения черноземов на Русской равнине. М. Н. Заславский ввел критерий «допустимой нормы эрозии», характеризуя ту предельную интенсивность эрозии, которую компенсирует почвообразование [4]. Эта норма составляет для дерново-подзолистых почв 10,9 т/га при глубине смытости 0,87 мм, а для черноземов — 3,5 т/га при глубине смытости 0,28 мм.

Разрушение почвенного покрова и подстилающих горных пород происходит и при *ветровой эрозии (дефляции)* за счет захвата и пе-

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.

³Харькина 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.

реноса частиц почвы. Они перемещаются по земной поверхности скачками. Сначала в движение вовлекаются свободно лежащие на поверхности частицы. Сильно ударяясь о землю, они постепенно распадаются на все более мелкие частицы, пока не превратятся в пыль, которая поднимается ветром в атмосферу и переносится на большие, измеряемые сотнями и тысячами километров, расстояния. Допустимым уровнем дефляции является удаление ветром почвы до 0,2 мм/год [5]. При такой скорости дефляции потери при выдувании компенсируются за счет почвообразовательного процесса, и негативных экологических последствий не отмечается. Однако существует множество районов, где скорость дефляции выше, и почвы теряют существенную часть своего профиля. Так, в Карачаево-Черкессии на отдельных участках только за пыльные бури 1969–1970 гг. суммарной продолжительностью около 200 ч местами был снесен слой почвы до 70 см, а в среднем мощность почвенного профиля сократилась на 26 см [6].

Животноводство также активизирует эрозию и дефляцию за счет перевыпаса скота. Активизация дефляционных процессов начинается на пылеватых песках при снижении проективного покрытия до 30–40 %, а на более крупных — до 40–50 % [7].

Земледелие, предполагающее вырубку древесно-кустарниковой растительности, распахивание склонов и оросительные мероприятия, существенно активизирует *оползневые процессы*. Особенно ощутимые негативные экологические последствия отмечаются в районах, где оползни являются рельефообразующим фактором (например, на территории Республики Молдовы).

Мелиорация земель приводит к возникновению новых геологических процессов, обусловленных изменением уровня грунтовых вод (УГВ). Повышение УГВ достигается за счет поливов и потерь из оросительной сети и приводит к увлажнению, подтоплению и засолению массивов. Понижение УГВ происходит за счет обустройства дренажа и вызывает осушение, дефляцию и пирогенную деградацию.

При орошении грунтовые воды получают дополнительное питание, превышающее величину инфильтрации осадков. Например, в условиях Волгоградской области превышение составляет 5–10 раз [8]. Грунтовые воды при этом начинают интенсивно испаряться с поверхности, постепенно насыщая почву избыточным количеством солей. *Подъем уровня грунтовых вод* до критической глубины (порядка 2–3 м от поверхности) вызывает

вторичное засоление корнеобитаемого слоя не только на орошаемых массивах, но и на прилегающих площадях. Классическим примером засоления земель в процессе орошения является долина р. Инд, где засолено 65 % всей площади. Хлопковые районы Узбекистана засолены на 50 %. В России на Нижнем Дону вторично засоленные почвы занимают 20 %, а Дагестане — более 50 % орошаемой площади.

Развитие *ирригационной эрозии* при орошении связано с движением струй и капель воды. Она характерна для угодий с уклоном поверхности от 0,5° до 5°. Несоблюдение технологии орошения и обработки полей (распашка вдоль склона) в несколько раз усиливают этот процесс. Масштабы проявления ирригационной эрозии проиллюстрируем на примере Армении. Зная площадь орошаемых земель республики и среднюю величину модуля смыва, установлено, что общее количество удаляемой почвы в год составляет 3 272 тыс. т. Располагая сведениями о количестве почвы (4 840 т) на каждом гектаре орошаемых земель, подсчитано, что ежегодный ущерб от ирригационной эрозии в Армении эквивалентен потере площади в 721 га.

Пирогенная деградация — это частичное или полное выгорание органогенных горизонтов торфяных почв. Она обычно возникает после интенсивного осушения торфяных почв, когда грунтовые воды оказываются на 0,5–1,0 м ниже торфяной залежи [9]. Торфяные пожары часто возникают в торфяниках Рязанской области, известны и случаи полного выгорания торфа (например, на участке «Макеевский мыс» Спас-Клепиковского района).

Экологические последствия трансформации геодинамической ЭФЛ. Экологические последствия проявления геологических процессов, вызванных сельскохозяйственной деятельностью, имеют как позитивные, так и негативные стороны (табл. 1).

Основными позитивными последствиями трансформации геологических процессов является возможность получения высоких и стабильных урожаев жизненно важных сельскохозяйственных культур, а также продукции животноводства. Без мелиорации и связанных с нею геологических процессов человечество не сможет прокормить себя. Известно, что торфяные почвы в естественном состоянии характеризуются невысоким плодородием, и только осушение может повысить их продуктивность. Повышение продуктивности касается отдельных культур. Исследование динамики урожайности озимой ржи, картофеля, ячменя и овса на осушенных торфяных поч-

Таблица 1. Экологические последствия проявления геологических процессов под влиянием сельскохозяйственной деятельности

Тип воздействия		Геологические процессы и их генезис		Экологические последствия	
		Техногенные	Природные активизированные	Позитивные	Негативные
Земледелие	Распахивание	Опустынивание			Истощение экосистем из-за уменьшения биомассы, продуктивности и видового разнообразия
			Эрозия		Дегумификация почв и снижение плодородия
			Аккумуляция		Частичная деградация экосистем в связи с сокращением протяженности гидросети
			Оползни		Потери урожая, вывод пашни из оборота
			Дефляция		Снижение урожая
Животноводство	Перевыпас домашнего скота	Опустынивание			Деградация экосистем
			Эрозия		Снижение наземной биомассы растений, потеря кормовой базы
			Дефляция		
Мелиорация	Орошение (подъем УГВ)	Увлажнение		Получение высоких и стабильных урожаев	
		Подтопление и переувлажнение			Деградация растительности вследствие загнивания корней; повышение эпидемиологии острых кишечных заболеваний у населения
		Засоление			Снижение наземной биомассы растений
	Осушение (понижение УГВ)	Осушение		Создание высокопродуктивных кормовых угодий, временное повышение плодородия	Деградация экосистем болот
		Дефляция			Невозможность возделывания пропашных культур
		«Пирогенная деградация»			Полное уничтожение растительности и биоты почв
	Движение струй и капель воды	Ирригационная эрозия			Истощение гумусового горизонта и снижение плодородия

вах Брестской области Белоруссии, показали, что заметный рост урожайности наблюдается только у ячменя [10]. За 20 лет, прошедших после осушения, урожайность ячменя выросла на торфяных почвах без внесения удобрений почти в два раза, а с применением удобрений (Р60К120 + известь) — в 2,3 раза. Однако повышение продуктивности осушенных торфяных почв носит временный характер.

Негативные экологические последствия сельскохозяйственного воздействия на литосферу затрагивают в большей степени экосистемы, чем человека как биологического вида и социума. У экосистем отмечается частичная и даже полная деградация, обусловленная уменьшением биомассы, продуктивности и видового разнообразия. Человек в меньшей степени ощущает последствия трансформации геодинамической ЭФЛ на территориях сельскохозяйственного освоения в связи с возможностью компенсации недостатков урожая и мясомолочной продукции из других районов, стран и континентов. Слабая «чувствительность» человека к происходящим изменениям объясняется еще и тем, что сказываются они не сразу, а через некоторый интервал времени, соизмеримый с человеческой жизнью.

Осушение болот вносит коренные изменения в видовой состав, структуру и продуктивность болот. Основная масса травянистых растений и мхов болот не переносит осушения. При осушении полностью исчезают клюква, осока, пушица, росянка, шейхцерия, сфаговые мхи и другие растения [11]. Масса травянисто-кустарничкового и мохового покрова верховых и переходных болот в первый период после осушения уменьшается в три раза, а на низинных осоково-сфаговых болотах с березой за 40 лет — в 7 раз [12].

Орошение сельскохозяйственных угодий, кроме очевидной выгоды получения высоких урожаев, имеет и негативные последствия. Они связаны с ухудшением среды обитания человека. В Республике Молдова установлена связь водного фактора и острых кишечных инфекций. Люди, работающие на орошаемых землях на приречных участках чаще болеют дизентерией, чем проживающие на водораздельных пространствах [13].

Экологические последствия трансформации природных геологических процессов (эрозии, дефляции и оползней) носят исключительно негативный характер.

Степень эродированности земель, наряду с такими факторами как экспозиция склона и сорт сельскохозяйственной культуры, определяет объем урожая. По данным многолет-

них наблюдений установлено, что по сравнению с несмытыми участками на склонах южной экспозиции происходит снижение урожая в 1,3 раза озимой пшеницы сорта «Курская 124», а на склонах северной экспозиции такое же снижение урожая зафиксировано у пшеницы сорта «Харьковская 68» [4].

Гибель посевов, особенно озимых, отмечается при проявлении дефляции. Засекания всходов песчинками и частицами почвы, движущимися в приземном слое воздуха во время пыльных бурь, широко распространены на Северном Кавказе, где в отдельные годы приходилось пересевать до 100 000 га пашни.

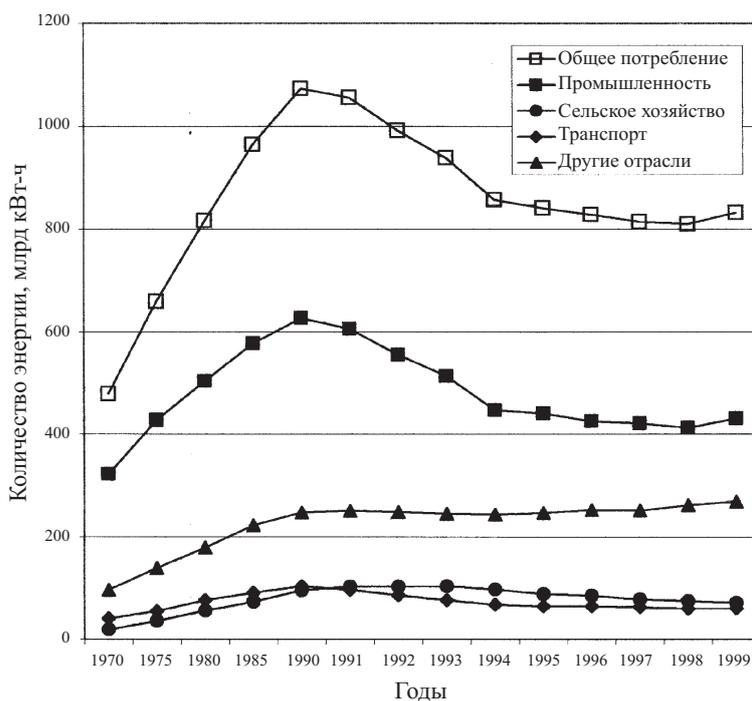
Катастрофические экологические последствия, связанные с полной потерей винограда и многолетних трав, известны при активизации оползней в Молдавии. Такие случаи отмечаются достаточно редко, чаще высоко плодородные земли выводятся из оборота. В этой республике из-за активизации оползней каждые 2–3 года выводятся из оборота от 2 до 10 тыс. га плодородных почв и ценнейших земель, причем процесс идет с нарастающей скоростью: в 1971 г. активными оползнями было занято 22 тыс. га, а в 1986 г. — уже 40 тыс. га [14].

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

Трансформация геофизической ЭФЛ.

Поскольку геофизическая ЭФЛ «отвечает» за энергетическую сторону отношений живой (в первую очередь человека) и неживой природы, уровень воздействия предприятий сельскохозяйственного производства и степень изменения геофизической ЭФЛ зависит от потребления (в качественном и количественном аспектах) энергии в этом виде хозяйственной деятельности.

Уровень потребления энергии (в основном электрической, в меньшей степени тепловой) в сельскохозяйственном производстве не очень высок. На рисунке приведен график, показывающий динамику потребления электроэнергии в нашей стране в период с 1970 по 2000 гг. Как следует из графика, в течение всего представленного периода времени потребление электроэнергии в сельскохозяйственном производстве составляло не более 10 % от общегосударственного. В соответствии с этим может быть определена и роль сельскохозяйственного производства в изменении геофизической ЭФЛ.



Предприятия по производству и переработке сельскохозяйственной продукции могут быть разделены на три категории. К первой категории относятся предприятия, обеспечивающие земледельческие работы. Ко второй категории — занятые разведением птицы, свиней, мелкого и крупного рогатого скота. Предприятия третьей категории представляют собой отрасль, занятую переработкой сельскохозяйственной продукции. Предприятия этой категории относятся к промышленному сектору хозяйства — к легкой и пищевой промышленности. Поэтому физическое техногенное воздействие таких предприятий следует рассматривать как один из видов воздействия промышленного производства на эколого-геологическую обстановку, что выходит за рамки данной статьи. Техногенные физические поля, создаваемые функционирующими агрегатами и установками предприятий указанных двух категорий, представлены в табл. 2.

Для предприятий первой категории характерно незначительное потребление электрической и еще меньше тепловой энергии. Учитывается только энергия, необходимая для функционирования механических ремонтных мастерских и других служб, обеспечивающих полевые работы, а также для управления механизмами ирригационных сооружений. В силу этого сельскохозяйственное производство, связанное с земледелием, оказывает влияние

на эколого-геологическую обстановку в основном в форме электромагнитного и теплового загрязнения, то есть через избыточный потенциал электромагнитного и температурного полей. Меньшую роль играет вибрационное поле, влияние которого пространственно ограничено территориями указанных вспомогательных служб.

Предприятия, относящиеся ко второй категории, в большей степени потребляют электрическую и тепловую энергию, что повышает их роль в качестве агентов преобразования геофизической экологической функции литосферы. Однако и в этом случае ареал воздействия не выходит за рамки территорий, занятых предприятиями, если только не осуществляется сброс разогретых вод в реки и поверхностные искусственные и естественные водоемы, что расширяет зону влияния аномального техногенного температурного поля.

Наибольшие пространственные размеры техногенных аномалий отмечаются по температурному полю. Они меняются в пределах 0,1–5 км² по площади и 0,01–0,05 км по глубине. Температурные аномалии (до 2–5° С) связаны с изменением теплового режима верхней части разреза при загрязнении зоны аэрации грунтовых вод отепленными биосточками. Локальные тепловые аномалии, приуроченные к местам скопления биоотходов (скотные дворы, навозохранилища, силосные ямы)

Таблица 2. Техногенные физические поля при сельскохозяйственном производстве

Вид сельскохозяйственной деятельности	Источники	Виды и уровни воздействия техногенных физических полей		
		Температурное	Вибрационное	Электромагнитное
Земледелие	Работающие сельскохозяйственные механизмы и ремонтное оборудование	слабое	сильное	умеренное
Мелиорация	Оборудование ирригационных сооружений	слабое	слабое	умеренное
Животноводство	Работающие агрегаты по подготовке кормов, первичной переработке продукции и обеспечению производственного процесса	сильное	умеренное	умеренное

и сброса разогретых вод, могут превышать 5–10° С.

Вибрационные техногенные аномалии до 10–60 дБ приурочены к местам установки стационарных агрегатов и механизмов, используемых в ремонтных мастерских, на животноводческих фермах и в ирригационных системах, с работой силовых установок (генераторов, вентиляторов, насосов) и транспорта.

Экологические последствия трансформации геофизической ЭФЛ. Анализ имеющихся данных показывает, что экологические последствия трансформации геофизической ЭФЛ под влиянием сельскохозяйственной деятельности в целом незначительны, носят узлокальный характер и сводятся к увеличению вегетационного периода на прогретых участках навозохранилищ, теплопроводов и мест сброса горячих вод, формированию условий дискомфорта вблизи работающих стационарных машин и механизмов, подвергающихся вибрации и действию некоторых других факторов [16].

Выводы

Изучение трансформации экологических функций литосферы в результате сельскохозяйственной деятельности позволило сделать следующие выводы: 1) изменение ЭГФ в пространстве и во времени представляет собой закономерный процесс их развития в ходе эволюции Земли и прогресса технократической цивилизации; 2) трансформацию претерпевают все ЭФЛ, а при сельскохозяйственных воздействиях особенно контрастно она заметна у ресурсной, геодинамической и геохимической экологических функций; 3) изменение ЭГФ происходит под воздействием как природных, так и техногенных факто-

ров, природная составляющая является пока преобладающей, хотя динамика техногенных изменений на сельскохозяйственных территориях очень высокая; 4) техногенное воздействие обуславливает преимущественно локально выраженную трансформацию ЭГФ, исключение составляет воздействие техногенной эрозии, имеющей регионально выраженную трансформацию геодинамической экологической функции; 5) трансформация ЭФЛ под влиянием сельскохозяйственной деятельности приводит как к позитивным, так и негативным изменениям их качества; в целом ряде случаев возможно их регулирование; 6) изменения приповерхностной части литосферы в сельскохозяйственных районах привели к изменению качества ресурса геологического пространства, возникновению новых и активизации природных геологических процессов, усложнению структуры геохимических и геофизических полей и их пространственного распределения.

Литература

1. Трофимов В. Т., Харьковина М. А., Барабошкина Т. А., Жигалин А. Д. Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза под влиянием сельскохозяйственной деятельности (ресурсная и геохимическая экологические функции) // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2005. № 4. С. 52–58.
2. Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. Экологическая геология. М.: Геоинформмарк, 2002. 415 с.
3. Голубев Г. Н. Геоэкология. М.: ГЕОС, 1999. 338 с.
4. Заславский М. Н. Эрозиоведение. Основы противозерозионного земледелия. М.: Высшая школа, 1987. 376 с.

5. Горшков С. П. Концептуальные основы геоэкологии. Смоленск: Смоленский государственный университет, 1998. 448 с.
6. Природные опасности России. Экзогенные геологические процессы / Под ред. В. М. Кутепова, А. И. Шеко. М.: КРУК, 2002. 348 с.
7. Ларионов Г. А. Эрозия и дефляция почв. М.: МГУ, 1993. 200 с.
8. Горохова И. Н., Гаврилов В. И., Харитонов В. А. Многопараметрический компьютерный анализ в оценке засоления орошаемых почв (на примере Волгоградской области) // Почвоведение. 1999. № 5. С. 626–633.
9. Зайдельман Ф. Р. Пирогенная и гидротехническая деградация торфяных почв, их агроэкология, песчаные культуры земледелия, рекультивация. М.: МГУ, 2002. 164 с.
10. Барановский А. З. Формирование профиля осушенных торфяных почв при сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. 1999. № 4. С. 521–529.
11. Боч М. С., Смагин В. А. Флора и растительность болот северо-запада России и принципы ее охраны. Спб.: Гидрометеоздат, 1993. 224 с.
12. Галченко Ю. П., Бурцев Л. И., Ефремов А. А. Биологическая регламентация при подземном освоении недр // Вестник РАН. 2000. Т. 70. № 11. С. 994–1004.
13. Прогноз возможных изменений в природной среде под влиянием хозяйственной деятельности на территории Молдавской ССР. Неблагоприятные экологические ситуации, пути их предупреждения и устранения. Кишинев: Штиинца, 1986. 411 с.
14. Смольников П. А. Опыт и дальнейшее направление работ по закреплению и сельскохозяйственному освоению оползневых земель // Народнохозяйственное освоение территорий с развитыми опасными геологическими процессами в Молдавии. Кишинев: Госстрой Молдавской ССР, РП НТО Стройиндустрии, Молдгитиз, Дом техники РС НТО, 1986. С. 37–40.
15. Российский статистический ежегодник. М.: Госкомстат, 2000. 542 с.
16. Богословский В. А., Жигалин А. Д., Хмелевской В. К. Экологическая геофизика. М.: МГУ, 2000. 256 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., 2006