

Антропогенные факторы деградации почв и рекультивация нарушенных земель

д.т.н., проф. Лотош В.Е.

Anthropogenic factors in the degradation of soil and disrupted land reclamation

by d.t.s., prof. V.E.Lotosh

Площадь земельных ресурсов мира составляет 129 млн км², или 86,5% суши. Из них пахотно-пригодными, по различным оценкам, являются 25-35 млн км², из которых используются около 15 млн км². Сенокосы и пастбища занимают 37,4 млн км².

Земельный фонд России в 2002 г. был равен 1709,6 млн га, в том числе, млн га: земли сельскохозяйственного назначения – почти 400, т.е. около ¼ его общей площади; пашня ~125; пастбища – 61,75; сенокосы – 23,6; многолетние плодовые насаждения – 2,0 (Карамышев).

Земельные ресурсы России сельскохозяйственного назначения, в первую очередь для земледелия, находятся в весьма различных условиях. В частности, территории вечной мерзлоты занимают более 60% общей площади страны, однако свыше половины мировых запасов чернозема также принадлежит России.

Земельный фонд неравномерно распределен по регионам. Доля пашни в них изменяется от 5 до 70-85%. При этом распашка более половины территории считается превышающей разумные пределы. Особенно данное обстоятельство проявляется в Центральном Черноземье, на Северном Кавказе и в Поволжье.

В целом в настоящее время антропогенное воздействие на процессы эрозии почв по масштабам и последствиям сравнимо с геологическим, особенно в ареалах интенсивного хозяйствования людей и невысокого уровня противоэрозионных мероприятий. Факторы этого деградационного воздействия многообразны.

1. Факторы деградации почв

Основные факторы деградации почв, вызывающие ее эрозию, – сельскохозяйственные и промышленные. К первым относятся уменьшение площади лесов, вторичное засоление почв, их опустынивание, нерациональное ведение сельскохозяйственных работ, использование пестицидов. Вторые обусловлены разработкой полезных ископаемых, загрязнением токсикантами, наличием водохранилищ, подтоплением почв, размыванием морских побережий, кислотными дождями и т.д. Рассмотрим перечисленные факторы.

Сельское хозяйство развитых стран достигло весьма высокого уровня производительности и урожайности. Так, один фермер США или Западной Европы обеспечивает продовольствием 60-80 человек; на 100 га земельных угодий занят один работник. Современный уровень сельскохозяйственной науки и практики способен обеспечить пищей до 12 млрд людей (вдвое больше, чем население Земли в настоящее время) при использовании только долин двух великих индийских рек (Инда и Ганга).

Вместе с тем интенсивный, а в некоторых случаях и хищнический характер ведения сельского хозяйства привел к обострению экологических проблем, прежде всего под влиянием водной и ветровой эрозии. На долю первой приходится до 80% всех эродированных почв, второй – 20%. Если в период до неолитической революции, т.е. до появления земледелия и животноводства, объем почвы, смываемой в реки и океаны, по оценкам, составлял 9 млрд т/год, то в 1968 г. он достиг 24 млрд т. Эрозия, засоление почв и их подтопление наносят ежегодный ущерб 6 млн га сельскохозяйственных земель.

Одна из основных причин увеличения водной и ветровой эрозии – вырубка лесов. В стремлении ввести в оборот дополнительные земли уничтожено свыше половины всех лесов в мире. Их общая ежегодная вырубка достигает 11,6 млн га. Это, в свою очередь, приводит к резкому повышению скорости смывания почвенного слоя. По имеющимся оценкам, смывание такого слоя мощностью в 20 см при наличии леса и прочих равных условиях требует 174 тыс. лет, луга – 29 тыс., при обычной обработке почвы – 100, при полном отсутствии растительности – 17 лет. Масштабный характер влияния леса на процессы деградации почв подтверждается

новой практикой. В частности, до вырубki леса, окружавшего один из населенных пунктов морского побережья Франции, влага дождей из его окрестностей достигала побережья через 3-4 дня. После вырубki для этого достаточно 3 ч.

Особенно разрушительна эрозия почв на склоновых землях. Смывание ее увеличивается пропорционально уклону и его длине. При повышении уклона с 2 до 4° оно возрастает в 1,8 раза, с 4 до 8° – в 7,2 раза. Удлинение склона с 400 до 500 м усиливает вынос почвы на 30%, а с 300 до 450 м – почти на 50% (Земледелие...).

В России примерно 2/3 пашни подвергается ветровой и водной эрозии на уровне потери плодородия. Имеется, в частности, более 400 тыс. оврагов площадью свыше 1,5 млн га. Около 26,2 млн га (20,4%) расположено на смытых почвах, 2,1 млн га (1,7%) находится под совместным воздействием водной и ветровой эрозии, 7,9 млн га (6,1%) дефлировано, всего же к дефляционной опасности относится 44 млн га (32,2%). Особую тревогу вызывает рост площади эродированных черноземов. В последние два десятилетия она увеличивается на 250-300 тыс. га/год. На многих черноземных территориях 50% и более распаханых земель эродировано. Ежегодно до 25-30 тыс. га черноземов теряется в результате роста оврагов. По оценкам экспертов ООН, Россия находится в десятке мировых лидеров по темпам распространения эрозии. В частности, водной эрозии, переувлажнению и заболачиванию подвержено более 2,5 млн га земель сельскохозяйственного назначения и еще свыше 7 млн га подтоплено и затоплено за счет ежегодных наводнений (Карамышев).

В целом водно-ветровая эрозия привела к полной или частичной потере плодородия на более чем половине всей пашни мира. Ежегодно по этой причине из сельскохозяйственного использования выбывает 50-70 тыс. км², что составляет более 3% ее площади.

На снесенных почвах эффективность сельскохозяйственного производства снижается на 30-60%. Нередко возделывание на них пищевых и кормовых культур без проведения мероприятий по восстановлению плодородия становится убыточным.

Губительное воздействие на качество земель оказывает их *вторичное засоление*. Оно заключается в накоплении в верхних слоях почвы легкорастворимых солей (сода, хлоридов, сульфатов и т.п.). Основная причина вторичного засоления – неумеренный, бессистемный полив земель при отсутствии дренажа, нарушение водного баланса фильтрационными водами оросительных систем. Эта экологиче-

ская проблема коснулась прежде всего аридных районов. Из 270 млн га орошаемых в мире земель 40% подвержено вторичному засолению, в том числе в Пакистане – 75, Ираке и Иране – более 50%. В Нижнем Поволжье под угрозой вторичного засоления находится практически вся орошаемая территория. Если до введения орошения грунтовые воды находились здесь на глубине 5-7 м и имели минерализацию, равную 0,4-4,5 г/л, то в результате его осуществления произошел резкий подъем уровня грунтовых вод (вплоть до 0,5-1,0 м), а степень их минерализации возросла до 14 г/л. Общая площадь засоления составляет в России 16,3 млн га сельскохозяйственных угодий, в том числе пашни – 4,5 млн га. На площади 22,9 млн га сельскохозяйственные угодья представлены солонцовыми комплексами, включая 9,9 млн га пашни. Вместе с тем даже слабое засоление почв резко снижает урожайность сельскохозяйственных структур, например хлопчатника и пшеницы – на 50-60, кукурузы – на 40-50%.

Значительная доля деградационных процессов в почвах связана с их *опустыниванием*. Оно приводит к потере экосистемой сплошного растительного покрова и невозможности его восстановления без участия человека. Этот процесс протекает главным образом в аридных районах под влиянием таких факторов, как сведение лесов, неумеренная эксплуатация пастбищ, нерациональное использование водных ресурсов при орошении и др.

Ежегодные потери вследствие опустынивания только орошаемых земель достигают 6 млн га, а в целом от него пострадало 40 млн га сельскохозяйственных угодий. Территории с наиболее высоким опустыниванием составляют в Азии около 19%, в Африке – 23, в Австралии – 45, в Южной Америке – 10% общей площади. Особенно значительны последствия опустынивания для стран Африки. В частности, пустыня Сахара продвигается на юг со скоростью 6 км/год. Из 200 тыс. га богарных земель осталось лишь 50 тыс. га, пригодных для сельскохозяйственных работ. Под угрозой опустынивания находится свыше 30% площади Мали.

Опустыниванию подвержен ряд территорий РФ, особенно в районах пастбищного животноводства. В Калмыкии оно охватывает 4,9 млн га, или свыше 83% площади республики. Из них 1,8 млн га находится в стадии очень сильной деградации. Ежегодный прирост пустынь Калмыкии оценивается в 40-50 тыс. га. В Астраханской области площадь нарушенных пастбищ составляет 1,3 млн га, из них 400

тыс. га приходится на подвижные пески. Половина пастбищ здесь занята сильно- и среднеразмытыми землями. Опустыниванием охвачены земли Ростовской области (до 50% территории Сальских степей), Алтайского края (треть Кулундинских степей). Аналогичное положение наблюдается на пастбищах Бурятии и тундровой зоны. В последнем случае весьма резко сказываются такие факторы опустынивания, как перевыпас оленей, нарушение почвы при широкомасштабном освоении месторождений полезных ископаемых, неконтролируемый бездорожный проезд автотранспорта и др. За 1965-1990 гг. площадь оленьих пастбищ сократилась на 20,2 млн га.

В целом опустыниванию подвергаются земли 17 субъектов РФ. Общая территория этих земель достигает 50 млн га, в том числе незакрепленных песков – 6,5, сбитых пастбищ и сенокосов – соответственно 12 и 2 млн га.

Сокращение площадей продуктивных кормовых угодий наблюдается также вследствие зарастания их кустарником и мелколесьем. Соответствующие площади достигают 10 млн га, три четверти из них – пастбища. Более 2 млн га приходится на долю закочкаренных сенокосов и пастбищ.

Значительный вклад в деградацию почв вносит *нерациональное ведение сельскохозяйственных работ*. Оно обуславливается применением крупной тяжелой техники, ее использованием на повышенных скоростях, увеличением размера обрабатываемых полей, количества пестицидов – химических средств защиты растений. В целом по России загрязненная пестицидами почва при их весеннем обследовании обнаружена на 5,8% площадей. Загрязнение особенно заметно проявляется в Московской и Иркутской областях.

Нерациональное ведение сельскохозяйственных работ в существенной степени связано также с низкой агрохимической культурой. По агрохимическим показателям значительная доля пахотных земель России низкопродуктивна, особенно в Нечерноземье. В частности, свыше трети пашни представлено закисленными почвами, в том числе сильно- и среднекислыми (рН не более 5,0) 13%. Рост этих площадей связан с применением физиологически кислых минеральных удобрений, несистематическим и некачественным известкованием почв. Если в 1976-1990 гг. известковали ежегодно 3,6-5,3 млн га, то в 1996 г. только 0,65 млн га.

Из промышленных факторов деградации почв весьма существенным является *разработка полезных ископаемых*.

Наибольший ущерб наносит их открытая добыча. Она связана с отчуждением значительных земельных площадей, которые в результате проведения горных работ становятся непригодными для использования в народном хозяйстве. Так, для добычи 1 Мт железной руды требуется отчуждение 14-60 га, марганцевой руды – 76-600, угля – 2,6-43, нерудных материалов – 1,5-583 га. Общая площадь земель России, нарушенных при открытой добыче полезных ископаемых, а также занятых отходами последней, превысила 2 млн га. Из них 65% приходится на европейскую часть страны. В Кузбассе угольными карьерами занято более 30 тыс., в районе Курской магнитной аномалии – свыше 25 тыс. га.

Карьеры, котлованы, отвалы пустой породы (терриконы) в районах открытой добычи угля и руд представляют собой ландшафт, практически лишенный жизни. Естественное возрождение в таких местах идет замедленными темпами, надолго задерживаясь на стадии рудеральной растительности (крапива, лопух, белена и др.). Газовые выбросы из угольных и рудных пород часто ядовиты для растений и препятствуют формированию сколько-нибудь сложных растительных ассоциаций. В районах добычи полезных ископаемых открытым способом у населения фиксируется увеличение заболеваний раком легких, гипертонией, ишемией сердца, дыхательных путей и др.

В общей площади земель, нарушенных при открытой разработке, строительстве и геологоразведке, более 50% занимают сельскохозяйственные угодья.

Эрозия и, в более широком смысле, разрушение поверхности наблюдаются также при подземных горных работах. Каждый год шахты России выдают на поверхность около 18,5 млн м³ отвальных пород, под складирование которых отчуждается 500 га. Кроме того, 600 уже имеющихся породных терриконов занимают около 18 тыс. га земли. С учетом санитарных норм площадь прилегающих к терриконам отчужденных земель достигает 55 тыс. га.

Значительный ущерб наносят откачиваемые шахтные и карьерные воды, объем которых составляет 1,3 млрд м³/год. Они несут в себе более 7 млн т механических примесей и 1,3 млн т различных минеральных солей. Механической, химической и биологической очистке подвергается лишь 27-30% этих вод.

Наряду с твердыми и жидкими загрязнителями значительный ущерб флоре и фауне причиняют газовые выбросы шахт и рудников. Из дегазационных систем шахт в атмосферу выбрасывается более 600 млн м³/год метана. При самовозгорании шахтных терриконов отвальных пород из них выделяются сернистые газы, оксиды углерода, продукты возгорания смолистых веществ. Их объемы ежесуточно составляют 320-364 нм³ с 1 м³ горячей породы.

Большую опасность представляют провалы и прогибы земной поверхности в местах подземной добычи полезных ископаемых. Так, в Люнебурге (Германия) за вторую половину 20 в. в результате карстовых оседаний и провалов приведено в полную негодность 169 жилых зданий. В Алабаме (США) вследствие обрушения кровли полости под фундаментными опорами произошло крушение автодорожного моста. В штате Флорида разрушен комплекс зданий при образовании гигантской карстовой воронки. Крупнейшие провалы с большим числом человеческих жертв наблюдались в районах Иоганнесбурга и Стилфонтейна (ЮАР). Разрушение множества зданий в этом случае было следствием понижения уровня грунтовых вод при усиленной откачке воды из горных выработок. В России в 1992 г. произошла крупнейшая в Европе авария, вызванная карстовым провалом, когда обрушился промышленный корпус НПО «Джержинскхиммаш». В Донцком и Подмосковном угольных бассейнах величина прогибов составляет несколько метров при глубине разработок 300-1000 м.

Однако максимальную величину и скорость просадки земной поверхности наблюдают в районах добычи нефти и газа, при больших откачках подземных вод.

Провалы и прогибы земной поверхности в настоящее время становятся обыденными не только для мест подземной добычи полезных ископаемых, но и для крупных городов с их разветвленной сетью подземных коммуникаций промышленных предприятий, коммунального хозяйства и транспорта. В частности, в черте Москвы известны десятки просадочных воронок диаметром до 40 и глубиной до 8 м. Просадочные участки составляют в городе до 15% территорий, приуроченных к погребенным долинам р. Москва и Яуза.

Возрастающую угрозу представляет *промышленное загрязнение почв*. Общая площадь сельскохозяйственных земель, загрязненных токсикантами, составляет 74 млн га, в том числе 60 млн га – за счет выбросов предприятий. По данным аэро-

космических съемок, ареалы распространения технологических выбросов непосредственно вокруг промышленных комплексов России охватывают территорию в 18 млн га, включая 0,7 млн га с чрезвычайно высоким уровнем загрязнения (Чернобыль). Наибольший вклад в загрязнения вносят предприятия черной и цветной металлургии, химические и нефтехимические. В частности, площадь почвенного покрова, загрязненного цветными металлами и фтором, достигает 3,6 млн га, в том числе с высокой степенью загрязнения – 0,25 млн га. Самое значительное загрязнение в пятикилометровой зоне наблюдается вокруг городов Рудная Пристань Приморского края, Иркутск, Свирск, Черемхово, Нижнеудинск (все – Иркутская область), Верхняя Пышма Свердловской области.

Десятикратное и более превышение ПДК свинца в почвах отмечено в Иркутске, Свирске, Рудной Пристани, Черемхове, Каменске-Уральском Свердловской области. Такое же превышение ПДК по меди обнаружено в г. Ревде Свердловской области, Ижевске, Санкт-Петербурге, Рязани, Нижнем Новгороде, Кирове, Томске, Рудной Пристани. Десятикратное превышение ПДК сразу по трем компонентам (меди, никелю и кобальту) зафиксировано в г. Мончегорске Мурманской области.

Фтором загрязнены земли вокруг предприятий алюминиевой промышленности в г. Красноуральске Свердловской области, Братске, Новокузнецке, Волгограде, Красноярске. Концентрация фтора в этих районах больше фонового уровня в 4-10 раз, а содержание водорастворимого фтора в 10-30 раз превышает ПДК. По данным обследования территории вокруг Кандалакшского алюминиевого завода, содержание фтора в органогенном горизонте почвы превышает фоновый уровень в 3 раза на расстоянии до 20 км. И хотя различий в размерах бактериальной и грибковой биомассы не выявлено, однако отмечены изменения в таксонометрической структуре грибов и степени их доминирования по градиенту загрязнения.

Значительным фактором деградации почв являются предприятия нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслей. Зона их активного загрязнения составляет 1-3 км от предприятий при общем распространении загрязнителей, в том числе попадающих в сельскохозяйственные культуры, на расстояние не менее 20 км.

По суммарному показателю загрязнения почв в городе и в радиусе 5 км от него к чрезвычайно опасным относятся Мончегорск, Ревда и Белово Кемеровской области.

Особенно опасно загрязнение почв радионуклидами, достигающее на Европейской территории России 6 млн га, на Южном и Среднем Урале – 2 млн га.

Существенны масштабы загрязнения за рубежом. Так, в Германии насчитывается 50 тыс. участков загрязненной земли, в Нидерландах – 100 тыс., Дании – до 10 тыс. Площадь загрязнения в Великобритании равна 200 тыс га. Значительным источником загрязнения территорий тяжелыми металлами являются заводы по сжиганию отходов. При этом концентрация меди, свинца, цинка, кадмия спустя 10 лет после отбора проб изменяется незначительно.

Заметное разрушение окружающей среды вызывают места размещения промышленных и бытовых отходов: шламо- и хвостохранилища, свалки, включая санитарные, полигоны и т.п. Их общая площадь в России составляет 3 млн га.

Загрязнение почв нередко тормозит ход почвообразовательных процессов, резко снижает урожайность, вызывает накопление вредных веществ в растениях. Из последних они прямо или опосредствованно (через продукты питания) попадают в организм человека. Ослабляется также самоочищающая способность почв, что повышает опасность заболеваний, вызываемых болезнетворными бактериями. Например, в обычных условиях возбудители дизентерии, тифа и паратифа сохраняются 2-3 сут. В ослабленных загрязнителями почвах возбудители дизентерии опасны несколько месяцев, а тифа и паратифа – до полутора лет.

Определенный вклад в эрозию земель вносят *гидротехнические сооружения*, особенно крупные водохранилища. В России их насчитывается более 260 с суммарной площадью водного зеркала 15 млн га. В числе их самое большое по объему вод долинное Братское водохранилище (169 км²) и второе на планете по акватории Куйбышевское (5900 км²). Водоохранилища изменяют режим грунтовых вод, затопляют большие участки плодородных земель, приводят к вторичному засолению почв и т.д. Примерно 60-70% территории этих сооружений составляют затопленные земли.

С наличием гидротехнических сооружений (водохранилищ, плотин, каналов и др.) в значительной степени связана проблема *подтопления*, т.е. повышения

уровня грунтовых вод. Этот процесс развивается на застроенных территориях и на участках, прилегающих к водохранилищам и орошаемым массивам. Общая территория подтопления в России достигает 9 млн га, в том числе застроенная – более 0,8 млн га. На последней расположено около 500 городов, свыше 500 поселков городского типа и тысячи мелких населенных пунктов. Подтопленные сельскохозяйственные угодья составляют 5,0 млн га, включая 1,6 млн га орошаемых земель.

Следует отметить аварийное состояние гидротехнических сооружений на 200 водохранилищах и 56 накопителях жидких промышленных отходов. Только за 1996-1998 гг. на гидротехнических сооружениях России произошло 400 аварий. Особенно масштабные последствия отмечены в Калмыкии, где из берегов вышло 150 водонакопителей.

Известны также проседания земель под крупными плотинами ГЭС и водохранилищами. Например, скорость оседания оснований плотин Братской и Усть-Илимской ГЭС превышает 10 мм/год. Большая часть Пермской области ежегодно оседает на 7 мм, что объясняется наличием чаши Камского водохранилища (площадь 1915 км², объем воды 12,2 км³).

Значительно *антропогенное воздействие на морское побережье* – пограничную полосу между сушей и морем. Общая протяженность береговой линии Мирового океана достигает 777 тыс. км, и, согласно оценкам ООН, в 2000 г. более 70% жителей планеты сосредоточится в прибрежной полосе шириной до 60 км. В настоящее время в ней находится более 10 портов с ежегодным грузооборотом свыше 10 млн т каждый. Среди них такие гиганты, как Роттердам и Иокогама (грузооборот превосходит 150 млн т), Нью-Йорк, Лондон, Марсель, Антверпен (50-100 млн т). Объем грузов, перевозимых морским транспортом, в 1995 г. достиг 4,6 млрд т, что превышает аналогичные показатели железнодорожного транспорта.

Преобладающими причинами развития эрозии в прибрежной зоне, связанными с антропогенными нагрузками, являются добыча минерального сырья (песок, галька, коралловый материал для производства цемента и т.д.) и сокращение стока рек при строительстве плотин и водохранилищ. В частности, только за период 1940-1970 гг. с советского побережья Черного моря и из русел впадающих в него рек вывезено более 30 млн м³ песка и гальки. Данное обстоятельство преимущественно обусловило размывание берега со скоростью до 4 м/год со стороны г. Сочи.

Для стабилизации процессов в береговой зоне здесь потребовалась периодическая искусственная отсыпка обломочного материала.

Все возрастающий ущерб наносят *кислотные дожди* – атмосферные осадки, имеющие рН менее 5,6. Своим возникновением они обязаны загрязнению атмосферы промышленными выбросами оксидов серы и азота, образующих с парами воды слабые растворы кислот. Воздействие кислотных дождей многообразно: погибают леса, сокращается количество видов гидробионтов, особенно высокоорганизованных, в озерах, наблюдается бурный рост белого мха, свидетельствующий о том, что водоем стал биологически мертвым. Весьма серьезна проблема кислотных дождей для Китая, где они загрязнили 2,8 млн км² территории, в том числе 2 млн га сельскохозяйственных угодий.

В плане развития эрозии отметим, что кислотные дожди приводят к закислению почв. В начальной стадии этого процесса значительно, в среднем на 20-30%, падает урожайность некоторых сельскохозяйственных культур (хлопчатник, томаты, виноград, цитрусовые и т.д.). При снижении рН до менее 5,0 вырождение плодородия начинает резко прогрессировать, а при рН ~3,0 почвы становятся практически потерянными для сельского хозяйства. Особенно восприимчивы к закислению подзолистые почвы таежной зоны.

Заметна деградация земель на территории базирования частей армии, авиации и флота, занимающих в нашей стране 13 млн га. Из территорий военных округов наиболее тревожно положение в Уральском (гарнизон Шадринск), Забайкальском (Степь, Безречный, Домна) и Дальневосточном (Анастасиевка). Необходима рекультивация почв в местах бывшей дислокации 29 шахтных пусковых установок, взорванных в соответствии с договором СНВ-1. Загрязнено побережье Северного Ледовитого океана – здесь разбросаны сотни тысяч пустых бочек из-под горючего, металлолом.

Наиболее часто в Вооруженных силах загрязнение земель нефтепродуктами. Очистке от них подлежит почти 55 тыс. га. Значительная часть нефтепродуктов просачивается в грунт из-за ветхости хранилищ и трубопроводов, при заправке авиационной техники. Под взлетными полосами некоторых аэродромов скопились «техногенные месторождения» основного авиационного топлива – керосина. Так, в подземной керосиновой линзе у г. Энгельса Саратовской области, расположенного

на Волге, скопилось не менее 20 тыс. т топлива. В г. Ейске Краснодарского края на берегу Таганрогского залива аналогичная линза тянется к Азовскому морю.

Все более важной становится проблема хранения и утилизации ракетного топлива. Основным его компонентом служит гептил, вещество 1-го класса опасности, способное к накоплению и образованию аэрозолей. Площадь гептилового загрязнения только в Алтайском крае составляет более 50 тыс. км². Проблема усугубляется тем, что материальная база для транспортирования, хранения и отпуска компонентов ракетного топлива, созданная в основном в 1940-1960 гг., морально и физически устарела и не может обеспечить все ужесточающиеся требования экологической безопасности (Муравлев).

Для решения экологических проблем, связанных с деятельностью Вооруженных сил, в их составе созданы природоохранные войска.

Борьба с эрозией почв, вызванной антропогенным воздействием, – одна из основных задач природопользования. Осуществляется она с помощью ряда мер, среди которых главными являются почвозащитные мероприятия на землях сельскохозяйственного пользования и рекультивация.

2. Почвозащитные мероприятия на сельскохозяйственных землях

Система почвозащитных мероприятий базируется на совокупности агротехнических, агрохимических, агрофизических и специальных действий на основе проектов внутрихозяйственного землеустройства с противоэрозионной организацией территории.

Агротехнические приемы являются ведущими в комплексе почвозащитных мероприятий. К ним относятся создание почвозащитных севооборотов, поясное размещение культур, буферных полос, гребневых террас, промежуточных и совмещенных посевов, кулис, мульчирование, противоэрозионная обработка почв и т.д.

Агрохимические приемы в первую очередь предусматривают, особенно на склоновых и эродированных землях, увеличение норм внесения всех видов органических, некоторых минеральных (азотных, фосфорных, калийных), а также бактериальных удобрений, мелиорирующих добавок и микроудобрений. Установлено,

что эффективность использования всех этих веществ на смытых почвах выше, чем на несмытых.

Действенный агрохимический прием увеличения плодородия эродированных почв и защиты их от эрозии, особенно на смытых почвах, – возделывание на них культур на зеленое удобрение. В разных зонах России для этого используют однолетний и многолетний люпин, люцерну, клевер, кормовые бобы, горчицу белую, вику и др. Эффект достигается при заашке зеленой массы, когда повышается водопроницаемость и влагоемкость почв, усиливаются микробиологические процессы, улучшаются агрофизические свойства земель.

Агрофизические приемы ориентированы прежде всего на обработку почвы полимерами – структурообразователями типа полиакриламида и полимерных пен. Содержание водопрочных агрегатов увеличивается таким образом в 5-6 раз. В состав пен могут включаться простые и сложные удобрения. Используют также химические препараты, создающие на поверхности почвы пленки, защищающие ее от сдувания. В этом качестве применяют битумные эмульсии, синтетические латексы, отходы нефтяной, целлюлозно-бумажной и других отраслей промышленности.

Специальные приемы практикуют для задержания снега и регулирования снеготаяния. К ним в первую очередь относятся валкование и полосные прикатывание и зачернение снега; задержание его с помощью кулис, щитов и др. Задачи задержания и регулирования поверхностного стока талых и ливневых вод, снижения эрозии почв решают также мелиоративные мероприятия. Они предусматривают оптимизацию влажности земель путем их осушения и увлажнения (*гидромелиорация*), создание защитных лесных насаждений (*гидролесомелиорация*) и пр.

Определенную специфику имеют также мероприятия, препятствующие деградации степных пастбищ и способствующие их восстановлению. К ним относятся: ограничение и запрещение ранневесеннего выпаса скота за счет создания дополнительных запасов кормов; при предельных нагрузках исключение одновременного использования пастбищ различными видами скота; запрещение длительного выпаса на одном и том же месте; ускоренное восстановление травостоя за счет подсева трав, рыхления почв в сочетании с полным прекращением выпаса (на срок 1-2 года).

3. Рекультивация земель

Как уже отмечалось, широкомасштабное развитие добычи полезных ископаемых, ряда других областей народного хозяйства приводит к изъятию из сельскохозяйственного пользования и значительному уменьшению площадей плодородных земель. В связи с этим возникает проблема *рекультивации*, т.е. восстановления продуктивности нарушенных территорий. В общем случае она включает комплекс горных, мелиоративных, гидротехнических и сельскохозяйственных работ.

Первые попытки восстановления продуктивности и озеленения земель, нарушенных и загрязненных в процессе промышленного производства, были предприняты в конце 19 в. Однако широкие масштабы рекультивация приобрела в связи с внедрением открытого способа добычи полезных ископаемых. Во многих странах она рассматривается как комплексная междисциплинарная проблема реконструкции ландшафта и восстановления продуктивности нарушенных земель, их экологической сбалансированности, хозяйственной и эстетической ценности. Рекультивация стала одной из важнейших в проблеме сохранения природных ресурсов. В экономически развитых странах доля рекультивируемых земель достигает 70-80% от нарушенных.

В промышленно развитых странах рекультивация земель получила наибольшее распространение при добыче угля, строительных материалов, горнохимического сырья, цветных металлов, обогащении и переработке полезных ископаемых, прокладке нефте- и газопроводов, транспортных артерий.

Различают два этапа рекультивации: технический и биологический. *Техническая рекультивация* предполагает подготовку земель для последующего целевого использования и включает планировку, формирование откосов, снятие, транспортирование и нанесение почвенного слоя. *Биологическая рекультивация* предусматривает восстановление плодородия технически рекультивированных земель и состоит из комплекса агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на возобновление биоты. Общие требования к обоим типам: тщательное разравнивание поверхности нарушенных земель; нанесение плодородных и потенциально плодородных пород (гумусированных почвенных слоев, лессов и лессо-

видных суглинков) мощностью до 1,0 м; регулирование водного режима и баланса питательных веществ с применением глубокой обработки поверхностного слоя, внесением минеральных и органических удобрений; правильный подбор культур и мелиоративных севооборотов в сочетании с различными агротехническими приемами.

Работа по технической рекультивации требует наибольших затрат. Ее эффективность значительно увеличивается при включении в качестве обязательного этапа в технологический процесс предприятия. Обычно полагают, что на этой стадии предприятия должны снять с отведенных под обработку участков плодородный слой для дальнейшего его использования в восстановительных мероприятиях. Выемка плодородного слоя должна опережать вскрышные работы не менее чем на 1 год. Его высота определяется содержанием гумуса, которое рекомендуется не ниже чем 1-2%. Гумусированный слой хранят сроком до 20 лет в буртах или штабелях высотой 10-15 м. Для предохранения от эрозии штабели подвергают планировке и засевают травой.

Биологическая рекультивация проводится по двум вариантам: *с нанесением гумусированного поверхностного слоя* на тщательно спланированную поверхность земель; *без нанесения почвенного слоя*. В последнем случае предусматривается создание сельскохозяйственных угодий непосредственно на вскрышных породах, относимых к группе потенциально плодородных.

Наиболее распространен первый вариант, используемый для восстановления земель под пашню. В этом случае на спланированную поверхность нарушенной территории наносят гумусированный почвенный слой мощностью 30-50 см. Лучшими подстилающими породами являются лессы и лессовидные суглинки. В первые годы освоения обычно выращивают многолетние бобовые травы (люцерну, донник, люпин, красный клевер и т.д.). Они дают высокий урожай и способствуют относительно быстрому восстановлению плодородия почвы. После трав выращивают зерновые и кормовые культуры, наиболее продуктивные в данной местности. Достижимые при этом урожаи близки к собираемым на старопахотных землях или превышают их, особенно при мощных насыпных слоях (до 80-90 см).

Одной из важных задач биологической рекультивации является восстановление структуры, физических, агрохимических, физико-химических и других

свойств нанесенной почвы, ее гомогенности. Последнюю создают, применяя орудия роторного типа (плуги, фрезы, комбинированные), глубокую обработку земли с последующим дискованием и культивацией. В некоторых странах после дискования и культивации мульчируют поверхностный слой соломой, корой, золой, хворостом. Также благоприятно влияет на восстановление свойств почвы орошение.

В последние годы разработаны составы наносимых потенциально плодородных и плодородных пород, в том числе с использованием отходов производства. В частности, предложена смесь для рекультивации шламохранилищ, включающая компоненты в следующем массовом соотношении, частей: шлам-осадок очистки бытовых и промышленных стоков – 15-20; мелкозернистый наполнитель и алюмосиликатная порода – по 10-30 (Кнатько...).

Существенное значение имеют разработка и внедрение технологий ускоренного образования природного слоя на рекультивируемых землях, базирующиеся на использовании микроорганизмов. Одна из них внедрена на гидроотвале «Балка Чуфичева» площадью 420 га Лебединского ГОКа. Здесь из поверхностного слоя были отобраны пробы пород, из которых выделили несколько видов микроорганизмов, необходимых для почвообразования и жизни растений и одновременно способных существовать в неблагоприятных условиях. Эти микроорганизмы размножили, затем комплексный бактериальный препарат внесли в поверхностный слой рекультивированных территорий.

Аналогичные механизмы внедрены на Невьянском золотодобывающем прииске (1993 г.) и на Первоуральском железорудном карьере (1994 г.). В Невьянске таким образом был рекультивирован участок на дамбе гидроотвала, сложенный из глины и суглинков. Выяснилось, что уже на второй год количество сапрофитовой флоры возросло в 200 раз, азотобактерий и фосфатрастворяющих бактерий – соответственно в 18 и 2600 раз. Увеличилось также количество видов бактерий, рН почвы возрос с 5,2 до 6,6. Из закисленной она превратилась в нейтральную, гораздо более благоприятную для развития жизни. Высаженные на ней растения дали дружные всходы, наметился обильный выход видов за пределы опытных участков. Высота травостоя на них достигла 70-90 см, а на контрольных участках – 50-60 см. Наилучшие показатели получены с овсяницей луговой, клевером ползучим и травосмесью.

Мощный фактор повышения плодородия восстанавливаемых земель с нанесением почвенного слоя – использование удобрений, особенно в первые годы освоения. Их дозы, а также нормы высева семян увеличиваются при этом на 30-50% против обычных.

В остальном возделывание сельскохозяйственных культур на восстанавливаемых территориях существенно не отличается от принятого на старопахотных участках, однако большее внимание уделяется обработке почвы в начальный период освоения (на техническом этапе рекультивации она сильно уплотняется).

Объекты рекультивации с нанесением почвенного слоя достаточно многочисленны и в качестве основных включают в себя торфяники, внутренние отвалы, отсыпаемые в отработанное пространство карьеров при открытой добыче полезных ископаемых, а также шламохранилища обогатительных фабрик, золоотвалы электростанций и т.п.

Торфяники являются первоочередными объектами рекультивации, составляя около половины всех восстанавливаемых земель. Обычно используют отработанные участки фрезерной добычи торфа. Их рекультивируют под пахотные и сенокосно-пастбищные угодья, коллективные сады. При проведении необходимых агротехнических и мелиоративных мероприятий, внесении извести для раскисления почвы и удобрений за несколько лет на рекультивированных территориях бывших торфяников добиваются хороших урожаев различных культур (зерновых, овощей, картофеля, многолетних трав и т.п.).

Другие категории нарушенных земель по химическому составу и физическим свойствам менее пригодны для вовлечения в хозяйственную деятельность. Это становится возможным лишь при проведении всего комплекса восстановительных мероприятий. В частности, для улучшения агрономических свойств применяют посев и заправку сидеральных культур с одновременным внесением торфа, минеральных и органических удобрений, выращивание многолетних бобовых трав.

Один из наиболее трудных объектов рекультивации – отвалы, сложенные породами с резко выраженным фитотоксическим действием, в частности сульфид- и углесодержащие. При наличии таких пород перед нанесением на них почвенного слоя применяют экранирование поверхности карбонатными материалами. Достаточная толщина экрана равна ~20 см, но общая высота корнеобитаемого про-

странства должна составлять не менее 80 см. На шахтных отвалах во многих случаях работа начинается с покрытия токсичной породы «замковым» слоем глинистого состава, отсекающим зону корневой системы растений от контакта с фитотоксичным материалом. Далее поверх замкового слоя создается почвенный горизонт.

Шламохранилища обогатительных фабрик и золоотвалы ТЭС являются одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды. Однако для них также разработаны приемы биологической рекультивации.

Шламохранилища обогатительных фабрик подразделяют на фитотоксичные и нетоксичные. Их вовлекают в оборот в основном как сенокосные угодья. Фитотоксичные шламы рекомендуется закрывать экраном из песка или гравия, других нейтральных пород (высота 0,4 м) и наносить на него потенциально плодородные материалы мощностью 0,5-0,8 м. На нетоксичных шламохранилищах обычно ограничиваются покрытием из потенциально плодородной породы.

На рекультивированных золоотвалах выращивают полевые и кормовые культуры, создают сенокосы. В первом случае восстанавливаемую поверхность покрывают потенциально плодородной породой слоем 0,4-0,5 м с последующим нанесением 0,2 м плодородной почвы торфа или ила очистных сооружений. При организации сенокосов поверхность золоотвала покрывают слоем в 20 см потенциально плодородной почвы с внесением полных минеральных удобрений или ограничиваются только последними. Наиболее пригодны для сенокосов различные виды донников, люцерн, овсяниц и др. Если цель рекультивации заключается только в стабилизации золоотвалов, то в этом случае практикуют выращивание на них деревьев и кустарников, внося в посадочные ямы плодородную почву или минеральные и органические удобрения. Для посадок рекомендуются береза, клен, осина, ива. На предназначенных для консервации золоотвалах их поверхность закрывают слоем почвы, торфа или потенциально плодородной породы высотой 2-3 см.

Значительные площади нарушаются при прокладке линейных сооружений, в основном трубопроводов различного назначения. По окончании их строительства обязательное восстановление земель включает укладку на реконструированную поверхность ранее снятого по фронту работ плодородного почвенного слоя.

Снятие плодородного слоя предусматривается также при строительстве нефтяных и газовых скважин. Кроме того, с целью исключить загрязнение почвы неф-

тью создают замкнутые системы очистки буровых сточных вод. После окончания буровых работ снятый слой используют в процессе рекультивации. Самостоятельная проблема – создание эффективных методов восстановления почв, загрязненных нефтепродуктами.

Существенным источником выбросов в окружающую среду служат терриконы угольных шахт. В данном случае технология подготовки и рекультивации включает тушение и переформирование терриконов с последующим их озеленением. Для этого пригоден ряд деревьев и кустарников: клен, абрикос, акация, смородина, шиповник и т.д. Наиболее крутые склоны засевают дикорастущими травами, например синяком обыкновенным, донником желтым.

Рекультивация терриконов – пример восстановления земель без нанесения почвенного слоя. И хотя этот вариант получил меньшее распространение, он может быть успешным и в ряде других случаев.

Одним из них является создание сельскохозяйственных угодий, включая пашни, на спланированных территориях. Для этого наиболее пригодны лессы и лессовидные породы. В первые годы на них возделывают многолетние бобовые травы, а затем с применением азотно-, фосфорно-, калиевого удобрения выращивают зерновые культуры, картофель, овощи, фрукты, виноград. Получаемые урожаи находятся на уровне зональных и более высоких. Такая технология применена на месторождениях марганца в Днепропетровской области, угля – в Кировградской, огнеупорных глин – в Донецкой (все – Украина), фосфоритов – в Подмосковье.

Отвалы, сложенные потенциально плодородными породами, часто без нанесения гумусированного почвенного слоя, отводят под сенокосы и пастбища. Урожаи бобовых и злаковых травяных смесей в этом случае обычно выше, чем среднезональные. Такая технология перспективна, в частности, для дражных отвалов россыпных месторождений в долинах рек Сибири и Урала.

Таким образом, основные направления использования восстановленных земель – сельскохозяйственное и лесохозяйственное. Преимущественное развитие того или иного из них зависит от типа нарушенных земель, природных условий, экономической целесообразности и ожидаемого социального эффекта. Однако при прочих равных условиях приоритет имеет сельскохозяйственное применение, в

первую очередь создание пашни, поскольку в данном качестве полнее реализуется ценность земли как средства производства. Это направление получило широкое распространение в нашей стране и в других европейских странах. Так, в СССР к 1989 г. было восстановлено 1712 тыс. га. Из них под пашню отведено 464 тыс. га, под другие сельскохозяйственные угодья – 555 тыс. га, остальное составили лесонасаждения, водоемы и т.п.

Лесохозяйственная рекультивация приоритетна на отвалах с почвенно-грунтовыми условиями, неблагоприятными для выращивания сельскохозяйственных культур, или требующих существенных затрат на почвозащитные, водоохраные и природоохранные мероприятия. В различных зонах и на других типах месторождений в настоящее время установлена приемлемость вскрышных и вмещающих отвальных пород для выращивания древесно-кустарниковых насаждений определенного ассортимента. Выявлены также оптимальные параметры посадочного материала, схемы посадки, приемы выращивания лесонасаждений на отвалах различного типа.

Так, в Кузбассе большинство земель, нарушенных при открытой и подземной добыче угля, признано пригодными для лесохозяйственной рекультивации. На ее долю приходится 80% всех восстановленных площадей. Приживаемость и рост лесопосадок аналогичны показателям для ненарушенных земель. В посадках из деревьев обычно используют лиственницу, сосну, березу, из кустарников – облепиху, акацию желтую, иву, жимолость.

На Украине в степных районах создают лесопарки вокруг промышленных центров и защитные насаждения на сельскохозяйственных угодьях, в лесостепи и Полесье – промышленные посадки для получения деловой древесины. Широко внедряется посев в междурядьях бобовых культур, главным образом люпина, чередование основных пород деревьев (сосна, береза, вяз) с азотфиксирующими видами (ольха, акация, облепиха). В целом доказана возможность выращивания на отвалах более 40 видов древесных и кустарниковых растений. При их формировании практикуется создание лесопригодного слоя мощностью не менее 1 м. На спланированных относительно горизонтальных участках применяются механизированные посадки и уход, на крутых склонах – ручные работы.

Наряду с сельскохозяйственным и лесохозяйственным в ряде случаев эффективны другие виды использования восстановленных земель:

водохозяйственное – сооружение различных водоемов для хозяйственных, питьевых, коммунально-бытовых нужд;

рыбохозяйственное – создание на базе карьеров водоемов для разведения рыб;

рекреационное и охотничье – устройство баз отдыха и спорта, парков, зеленых и туристических зон, архитектурно-ландшафтных комплексов и т.д.;

природоохранное и санитарно-гигиеническое – противоэрозионные лесонасаждения, сооружение водоемов для животных подводного мира и пернатых;

строительное – во всех его видах.

Примером последнего является рекультивация иловых площадок станций аэрации по очистке сточных вод в г. Москве и Московской области (Храменков...). В частности, на территории бывших люблинских полей фильтрации внедрен природоохранный комплекс в Марьином парке г. Москвы. При этом рекультивировано 800 га, расположенных в черте города, переработано 15 млн м³ осадков сточных вод. На освобожденной территории возведен благоустроенный жилой комплекс на 300 тыс. человек (площадью более 6 млн м², в том числе 35 школ, 13 поликлиник, 9 спортивных сооружений).

Резюмируя, можно констатировать, что в большинстве случаев возможно эффективное восстановление нарушенных земель и быстрое их возвращение в народнохозяйственное, в частности сельскохозяйственное, пользование – при условии научно обоснованного подбора и чередования культур, рациональной агротехники и создания высококультурного почвенного слоя.

Отдельной проблемой является очистка загрязненных техногенными выбросами почв. Работы в этом направлении рассмотрены автором ранее (Лотош).

8 октября 2003 г.

Литература

- 30 лет ЮНЕП: окружающая среда для развития: планета, люди, процветание // Пробл. окружающей среды и природ. ресурсов. – 2003. – № 7. – С. 55-88.
- Антонова Н.Б., Туманова Н.А. Зарубежный опыт ликвидации свалок // Пробл. окружающей среды и природ. ресурсов. – 1994. – № 2. – С. 88-94.
- Балашов В.В. Ресурсы отвалов и отходов обогащения предприятий горной и металлургической промышленности // Черная металлургия. Бюл. ин-та «Черметинформация». – 1993. – № 7. – С. 20-27.
- Бережной А.И., Мареха В.И. Экологический мониторинг в окрестностях полигона твердых бытовых отходов (поселок Хметьево, Солнечногорский район) // Изв. Акад. пром. Экологии. – 2002. – № 4. – С. 8-13.
- Богданова М.Д. Об устойчивости почв к кислотным воздействиям // Вестн. МГУ. Сер. география. – 1991. – № 2. – С. 71-79.
- Влияние предприятий нефтехимической и нефтеперерабатывающей отрасли на санитарное состояние почвенного покрова / Р.А.Сулейманов, С.М.Сафонникова, М.Р.Яхина, С.А.Могжанова // Гигиена и санитария. – 1996. – № 3. – С. 12-15.
- Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П., Штина Э.А. Загрязнение почв фтором и оценка состояния микробного компонента в зоне воздействия алюминиевого завода // Почвоведение. – 1997. – № 7. – С. 898-906.
- Казакова И.Г., Слинько О.В. Проблема подтопления на территории России и возможные пути ее решения // Геоэкология. – 1993. – № 1. – С. 43-50.
- Карамышев О.В. Государственный земельный контроль и экологическая безопасность // Пробл. окружающей среды и природ. ресурсов. – 2003. – № 3. – С. 112-130.
- Кнатъко В.М., Щербакова Е.В. Смесь для рекультивации шламохранилищ: Пат. 2084417 РФ от 5.06.1991 // Б. И. – 1997. – № 20.
- Копосов Е.В., Казаков С.Д. О совершенствовании системы безопасности объектов жизнеобеспечения городов, расположенных в зонах развития карста и оползней // Изв. вузов. Стр.-во. – 1999. – № 6. – С. 121-126.
- Куценко В.В. Угрозы экологической безопасности Российской Федерации и пути их снижения // Пробл. окружающей среды и природ. ресурсов. – 2003. – № 3. – С. 44-51.

Лотош В.Е. Очистка загрязненных земель // Эколог. системы и приборы. – 2001. – № 11. – С. 29-32.

Макунина Г.С. Оценка потерь гумуса в главных типах почв в процессе их земледельческого освоения // Изв. ВГО. – 1991. – 123. – № 2. – С. 122-128.

Муравлев. Алтай – ракеты против людей и природы (после космического праздника) // Эко бюллетень. – 1999. – № 12. – С. 8-10.

Охрана почв в Российской Федерации (обзор нормативной документации) / Н.М.Чернавская, Т.Б.Плескачева, И.И.Потапов и др. // Пробл. окружающей среды и природ. ресурсов. – 1997 – № 8. – С. 75-102.

Рекультивация иловых площадок – новый вклад в улучшение экологической ситуации Московского региона / С.В.Храменков, В.А.Загорский, А.Н.Пахомов, А.В.Ганин // Экология и пром-сть России. – 2002. – ноябрь. – С. 4-8.

Ровинский Ф.Я. Фоновое загрязнение природных сред на территории Евразии (1990 г.) // Пробл. окружающей среды и природ. ресурсов. – 1994. – № 1. – С. 59-70.

Сизов А.П. Городские земли: современное состояние и перспективы // Экология и пром-сть России. – 2000. – Июнь. – С. 25-28.

Томаков П.И., Макшеев В.П. Сохранение и восстановление природной среды в горнодобывающих районах // Metallurg. – 1995. – № 12. – С. 13-15. Хомяков Д.М. Земельные ресурсы и проблемы агропроизводства России // Пробл. окружающей среды и природ. ресурсов. – 1998. – № 6. – С. 3-19.

Хомяков Д.М. Земельные ресурсы и проблемы агропроизводства России // Пробл. окружающей среды и природ. ресурсов. – 1998. – № 6. – С. 3-19.

Храменков С.В., Пахомов А.Н., Ганин А.В. Комплексное решение проблемы по разработке и внедрению современных технологий рекультивации территорий иловых площадок станций аэрации с возвращением выведенных из оборота земель // ВСТ. – 2002. – № 12. – ч. 1, с. 17-19.

Чаповский А.З. Концептуальные подходы в охране окружающей среды и природопользовании и проблемы, связанные с их реализацией в ТЭК в целом и в угольной промышленности в частности // Пробл. окружающей среды и природ. ресурсов. – 1995. – № 5. – С. 16-35.

A slurry that can speed up soil remediation and cut costs // Chem. Eng (USA). – 1998. – № 1. – P. 23.

Acid cleans heavy metals // Chem. Eng (USA). – 1991. – 98. – № 4. – P. 17, 19.

Cement offers a solid outlet for contaminated soil // Chem. Eng (USA). – 1997. – 104. – № 2. – P. 23.

Frimantle. The acid test for Europe // Chemical and Engineering News. – 1995. – 73. – № 18. – P. 10-17.

Robin D., Martin M., Haerdi W. Metaux lourds dans la sol au voisinage d'une usine d'incineration. Bilan apres 10 annees de prelevement // Arch. Sci. – 1995. – 48. – № 1. – P. 19-28.