

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 504.064

Д. А. Козырь, канд. техн. наук

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АМБРОЗИИ

Глобальное потепление привело к распространению опасного карантинного сорняка – амброзии полыннолистной. Согласно исследованиям амброзия не только снижает урожайность сельскохозяйственных культур в 2–3 раза, но и может приводить к аллергическому риниту и тяжелой астме среди населения городских агломераций. Комплекс мер по предотвращению заражения амброзией включает дистанционный мониторинг заражения, мониторинг концентрации пыльцы в атмосферном воздухе, а также организационные, механические и биологические методы контроля. В соответствии с мировым опытом наиболее перспективными являются биологические методы контроля амброзии. Экологический мониторинг очагов заражения амброзией с применением дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов, тепловизоров и использованием нормализованного вегетационного индекса NDVI позволит своевременно принимать меры по контролю очагов амброзии и предотвращать ее негативное влияние на здоровье населения.

Ключевые слова: амброзия, дистанционный мониторинг, нормализованный вегетационный индекс, тепловизор, контроль

Введение

Увеличение антропогенной нагрузки на окружающую природную среду является причиной распространения инвазивных видов растений, которые способствуют деградации городской и аграрной растительности. Угнетая и вытесняя местную растительность, инвазивные сорные растения образуют очаги зараженности и на годы блокируют сукцессию [1].

Одним из таких инвазивных видов является амброзия полыннолистная (амброзия) – опасный карантинный сорняк. Амброзия внесена в список вредоносных растений, составленный Россельхознадзором (приказ Минсельхоза РФ от 15.12.14 г. № 501 «Об утверждении перечня карантинных объектов») [2]. Вред, наносимый народному хозяйству и людям этим сорняком, огромен. Цветение и плодоношение амброзии приходится на период с июня по октябрь. Вегетационный период амброзии продолжается до 170 дней. От момента появления всходов весной до бутонизации проходит 100–120 дней, а от бутонизации до созревания семян – 50–60 дней. Одно растение формирует до 40 тыс. семян, которые имеют свойство сохранять жизнеспособность в почве от 10 до 40 лет. Во время цветения растение выделяет огромное количество пыльцы, которая, попадая в организм человека, может вызывать аллергию.

Пыльца амброзии вызывает сенсibilизацию среди европейцев от 15 % (Германия, Нидерланды, Дания) до 60 % (Венгрия) [3]. Это приводит к аллергическому риниту и тяжелой астме более чем у 20 % населения пораженных районов [4].

Текущие затраты на амброзию с точки зрения здоровья человека и ущерба для сельского хозяйства были оценены для 40 европейских стран. Все расходы указаны в евро по ценам 2011 года. По оценкам, воздействие на здоровье человека затронуло около 4 миллионов человек, а общая стоимость медицинских услуг составила 2 136 млн евро в год. Кроме этого, общие оценочные потери производительности труда и сельскохозяйственные расходы, связанные с амброзией, составили 529 млн евро и 3 559 млн евро [5].

Общая сметная стоимость потерь от распространения амброзии оценивается в 6 224 млн евро в год. Более 80 % этих воздействий – потеря урожайности. Оценочные затраты на сельское хозяйство, здоровье человека, рабочую силу и общие затраты являются самыми высокими в Украине, Румынии и Венгрии: 995, 770 и 605 млн евро [5].

В США аллергические заболевания тоже представляют собой важную группу хронических заболеваний, стоимость лечения которых оценивается примерно в 21 млрд долларов в год. Среди двадцати пяти наиболее вредных инвазивных видов растений Китая экономические потери из-за амброзии, обнаруженной в большинстве провинций, составляют 397,9 млн долл. США, в результате чего амброзия занимает второе место по количеству среди вредных видов растений в стране [6].

Тенденции потепления из-за изменения климата способствуют распространению амброзии. Повышение концентрации CO₂ в окружающей среде, вызванное потеплением, приводит к увеличению биомассы и к увеличению производства пыльцы. Следовательно, можно ожидать, что распространение пыльцы амброзии значительно возрастет при прогнозируемых будущих климатических условиях, что приведет к увеличению времени воздействия сезонных аллергенов и к более высокому риску потенциальных случаев заболеваемости в здравоохранении [7].

Распространение амброзии на огромных территориях во всем мире рассматривается как биологическое загрязнение окружающей природной среды [8].

Основные места распространения амброзии с самой высокой концентрацией пыльцы находятся (в порядке убывания концентрации пыльцы):

- 1) в юго-западной части Европейской части России;
- 2) в южной и восточной частях Украины;
- 3) на Среднедунайской равнине в Центральной Европе;
- 4) в регионе Рона-Альпы во Франции;
- 5) в северной Италии [9].

Помимо Европы амброзия встречается в Китае, Индии, Японии и в других азиатских странах, а также в Австралии и Соединенных Штатах Америки.

Для Европы будущее распространение амброзии будет зависеть от изменения климата и землепользования. Основываясь на различных моделях можно предположить что, с глобальным потеплением амброзия будет распространяться на север (в Германию, Польшу, северную часть европейской части России) [9].

Тем не менее есть основания полагать, что очень высокие температуры вредны для амброзии. Наибольшее повышение средней температуры, особенно в летнее время (август), представляет собой предел для производства пыльцы амброзии. В этот период потеря воды затрудняет физиологические процессы, поэтому для экономии воды растение снижает выработку пыльцы. Этот эффект, связанный с изменением климата, ограничивает распространение амброзии [10]. В южных регионах засуха считается основным фактором, ограничивающим распространение амброзии. Это основной аспект, объясняющий отсутствие сведений о пыльце амброзии в Испании и Португалии [5]. Низкие температуры или холодный климат северных и высокогорных районов также способствуют вымиранию семян амброзии.

Массовое распространение вида с захватом новых территорий в значительной степени обусловлено рядом его эколого-биологических особенностей. Высокая регенерационная способность амброзии позволяет образовывать придаточные корни и укореняться при засыпании побегов почвой, образовывать новые побеги от прикорневых частей при скашивании [11].

Мелкие легкие плавучие семена с воздушными мешочками в обертке легко переносятся водными потоками, ветром, на колесах автомобилей, шерсти животных. Кроме этого, отмечена высокая генетическая изменчивость амброзии полыннолистной, аллопатический эффект и устойчивость ко многим гербицидам, за пределами родины у нее практически нет эффективных естественных врагов [12].

Амброзия потребляет большое количество минеральных элементов и воды. Амброзия сильно угнетает сельскохозяйственные культуры, иссушает почву, снижает ее плодородие [13]. Согласно исследованиям, уменьшение распространения амброзии увеличивает урожайность в два-три раза [14].

Цель работы – совершенствование комплекса мероприятий по мониторингу заражения городских агломераций амброзией с применением дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов, тепловизоров и системы сбора данных о концентрации пыльцы и спор амброзии в воздухе.

Изложение основного материала исследований

В Венгрии, начиная с 2007 года, фермеры обязаны предотвращать образование цветочных почек амброзии [4]. По мнению авторов, при посевах амброзия должна контролироваться, если лиственный покров амброзии превышает 30 %.

Исследования распространения амброзии в Восточной Германии выявили места наиболее частого ее распространения – сельскохозяйственные поля, заброшенные поля, обочины дорог (таблица 1) [15]:

Таблица 1 – Распространение амброзии в Восточной Германии

№	Среда обитания	Частота обнаружения
1	Сельскохозяйственные поля	Очень часто
2	Рудеральные растения	Часто в разных растительных сообществах
3	Обочины	Часто
4	Пастбищные угодья с низким содержанием питательных веществ (включая песчаные места обитания)	Редко
5	Недавно выращенные луга, пастбища	Иногда
6	Поймы	Иногда
7	Леса	Иногда

Исследования показали, что все меры борьбы с амброзией полыннолистной делятся на организационные, механические, химические и биологические мероприятия (рисунок 1).



Рисунок 1 – Мероприятия по борьбе с амброзией полыннолистной

В первую очередь – это карантинные меры. Регулярный карантинный фитосанитарный контроль ввозимой продукции позволяет не допустить завоз семенного, продовольственного и кормового зерна, засоренного плодами сорняка, в хозяйства и районы, свобод-

ные от него. Немаловажной организационной мерой в борьбе с амброзией является освоение севооборотов с включением многолетних трав (люцерна, кострец безостый). Сильно засоренные амброзией поля следует оставлять под чистый пар с последующим посевом озимой ржи или пшеницы.

На засоренных полях целесообразно проводить посев кормовых культур на зеленый корм. Хорошо развитые травы в значительной степени подавляют амброзию. На сенокосах, территориях возле ферм и пастбищах целесообразно создавать посевы из многолетних бобовых и злаковых трав или их смесей (кострец безостый, житняк, овсяница, люцерна). Такие смеси за два–три года хорошо разрастаются и практически полностью способны подавить амброзию трехраздельную [16].

Посев газонных трав в парках, скверах, на бульварах, клумбах в границах населенных пунктов также позволяет уйти от засорения этих земельных участков амброзией полыннолистной.

При появлении первой волны амброзии полыннолистной возможно применение агротехнических мероприятий с рациональным применением гербицидов. На чистом пару, обочинах дорог, пустырях для уничтожения растений амброзии возможно применение гербицидов сплошного действия. В полевых опытах применение гербицида сплошного действия «Торнадо» с нормой расхода 5 л/га через 30 дней после опрыскивания привело к снижению массы растений амброзии полыннолистной до 12 г/м², что на 268 г меньше по сравнению с контролем или на 95,7 % [17].

К механическим мерам борьбы относится скашивание растений амброзии. Скашивание эффективно только в период бутонизации и на низком срезе, если скосить ее в период активной вегетации, она образует от 5 до 15 боковых побегов, которые дают цветоносы. Поэтому, пока она растет, одноразовое скашивание бесполезно, скашивание должно происходить не менее чем 3–5 раз в сезон. Однако известно, что в некоторых случаях скашивание полей для контроля над амброзией оказывает негативное влияние на биоразнообразие [15].

Наиболее эффективным методом борьбы с амброзией полыннолистной при незначительном ее распространении является ручная прополка (выдергивание растений с корнем) в фазе всходов. В связи с этим прополку растений необходимо проводить многократно по мере отрастания побегов.

При применении биологического контроля следует рассматривать прежде всего организмы, которые способствуют снижению урожайности семян, поскольку производство пыльцы является основным фактором, вызывающим сильное воздействие амброзии на здоровье человека, а снижение урожайности семян приведет к снижению плотности популяций и распространению однолетних растений [18]. С другой стороны, естественные враги, которые быстро уменьшают биомассу, пригодны для уменьшения потерь урожая из-за конкуренции с амброзией.

Биологический метод борьбы с амброзией развивался путем выявления потенциальных ее врагов в первичном ее ареале. На родине амброзии зарегистрировано 105 видов беспозвоночных – потенциальных агентов для биоконтроля этих растений и 19 видов фитопатогенных грибов [16].

В 2013 году в южной Швейцарии и северной Италии был обнаружен листовой жук *Ophraella communa* Lesage. В местах распространения амброзии, обнаруженных в Швейцарии и Италии, им было атаковано до 100 % растений, причем уровни атаки были достаточно высокими, чтобы полностью уничтожить и предотвратить засев амброзии. Этот жук-олигофаг используется в качестве агента биологического контроля против амброзии в Китае [19].

В СССР, завезенный из Канады, жук-листоед разрушил очаги амброзии, что привело к резкому снижению плотности семян амброзии в почве. Однако амброзиевый жук-листоед регулярно уничтожался карантинными службами вместе со скашиваемой по обочинам дорог и окраинам городов амброзией, это привело в последние десятилетия к появлению амброзии

на необрабатываемых землях, бесхозных участках и в населенных пунктах Краснодарского и Ставропольского края, Ростовской области [20].

Таким образом, к основным сельскохозяйственным методам снижения вредного воздействия амброзии можно отнести организационные, механические, химические и биологические методы. Важным условием предупреждения распространения данного сорняка выступают карантинные меры.

Для ограничения роста и уничтожения амброзии эффективно освоение севооборотов и высадка на засоренных участках многолетних трав. Биологические методы показали свою эффективность как средство уменьшения производства пыльцы, так и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. На небольших участках, особенно в сельских поселениях, эффективно применение экологически безопасных механических методов уничтожения данного сорняка.

Применение гербицидов и механические методы контроля (выкорчевывание, вырубка, вспашка) хорошо подходят в качестве местных и краткосрочных мер для искоренения первоначальной и небольшой популяции и снижения потерь урожая сельскохозяйственных культур. Уничтожение амброзии на необрабатываемых землях, поймах рек, обочинах дорог и границах полей с использованием гербицидов слишком дорого. Кроме этого, необходимость защиты сопровождающей растительности, особенно в чувствительных экосистемах, не позволяет широко применять гербициды.

Для своевременного выявления очагов амброзии и их уничтожения проводится карантинное фитосанитарное обследование территории. Недостаточная периодичность контроля очагов амброзии, а также временные и экономические затраты на карантинную инспекцию не позволяют достоверно определить размеры зараженной местности. Это приводит к невозможности выбора наиболее подходящего метода подавления сорняка и оценки результативности мероприятий по борьбе с сорной растительностью. Решение этой задачи с применением дистанционного мониторинга распространения амброзии позволит своевременно и достоверно оценить уровень заражения.

Дистанционный мониторинг может проводиться как с применением дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов с тепловизорами, так и спутников.

Впервые идея использования дистанционного мониторинга для обнаружения очагов амброзии была выдвинута П. Мопин. Он протестировал гиперспектральный сенсор, но из-за технических проблем не добился своей цели. Позднее, используя спектрорадиометр, П. Мопин и М. Бойвин составили базу данных спектров растений [21].

Как правило, во всем мире оценка состояния растительности при применении дистанционного мониторинга проводится с помощью нормализованного вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}, \quad (1)$$

где NIR – 760–900 нм, отраженная инфракрасная область спектра,

RED – 630–690 нм, видимая красная область спектра.

В результате значения NDVI меняются в диапазоне от –1 до 1. Для зеленой растительности отражение в красной области всегда меньше, чем в ближней инфракрасной, за счет поглощения света хлорофиллом, поэтому значение NDVI для растительности не могут быть меньше 0. NDVI характеризует плотность растительности.

Исследование очагов заражения амброзией на юге России с применением спутникового мониторинга, дешифрования космических снимков среднего разрешения спутников Landsat и NDVI показало значительное завышение показателей засоренности полей в современных данных Россельхознадзора [21].

В Канаде исследователи, используя данные спутника Landsat, сравнили ландшафтные переменные и NDVI с данными переписи для картирования потенциального присутствия амброзии в Монреале [22]. После изучения радиометрических характеристик амброзии в Монреале авторы рекомендовали использовать длины волн от 750 до 875 нм для идентификации амброзии.

Исследование [8] показало, что ландшафтные и сезонные колебания влияют на надежность радиометрического спектра. При рассмотрении этих характеристик только зеленая полоса (500–590 нм) показала высокую способность прогнозировать потенциальное присутствие амброзии с более высокой стабильностью.

Таким образом, для определения биомассы амброзии наиболее показательна зеленая полоса сигнала (500–590 нм), а для определения плотности растений – его красная составляющая.

Спутниковый мониторинг имеет ряд недостатков – низкая разрешительная способность, сложность учета влияния основных факторов воздействия на инфракрасное излучение, присутствие облачности снижает периодичность мониторинга и оперативность прогноза распространения заражения. Спутниковый мониторинг недостаточно информативен на ранних стадиях вегетации растений.

Дистанционный контроль распространения амброзии с применением дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов и тепловизоров позволяет своевременно и достоверно оценить уровень заражения амброзией в местах ее частого произрастания (на необрабатываемых землях, поймах рек, обочинах дорог и границах полей).

При дистанционной съемке и использовании NDVI не учитываются основные факторы воздействия – ослабление излучения атмосферой, турбулентность атмосферы, ракурс дистанционной съемки и теплофизические характеристики растений и атмосферы при дистанционном контроле температуры. Это снижает обнаружительную способность мониторинга и не позволяет своевременно выполнять мероприятия по снижению загрязнения амброзией.

Применение величины температурного контраста (ΔT) между очагами заражения амброзии и тепловизором позволяет определить влияние основных факторов на фиксируемую энергетическую светимость дистанционного мониторинга очагов заражения амброзией [23].

Составной частью системы мониторинга за распространением очагов заражения амброзией являются системы сбора данных и оповещения населения и медицинских учреждений о концентрации пыльцы и спор амброзии в 1 м^3 воздуха. Данная система применяется во многих европейских странах, США, Канаде.

Выводы

1. Глобальное потепление расширило зону распространения амброзии, которая наносит серьезный урон не только экономике, но и здоровью населения.

2. Комплекс мер по контролю за распространением амброзии должен основываться на широкой комбинации организационных, механических и биологических методов. Эффективное использование севооборотов позволяет за несколько лет подавить амброзию. Применение биологического контроля уменьшает биомассу амброзии как на сельскохозяйственных полях, так и за их пределами. Уничтожение амброзии на необрабатываемых землях, поймах рек, обочинах дорог и границах полей с использованием гербицидов слишком дорого. Кроме этого, необходимость защиты сопровождающей растительности, особенно в чувствительных экосистемах, не позволяет широко применять гербициды. Поэтому на небольших участках эффективно применять экологически безопасные механические методы уничтожения данного сорняка.

3. Применение дистанционных методов мониторинга заражения амброзией с использованием нормализованного вегетационного индекса NDVI и величины температурного контраста (ΔT) между очагами заражения амброзии и тепловизором позволит достоверно вы-

явить очаги заражения и своевременно предотвратить распространение аллергенной пыльцы. Дистанционный мониторинг позволяет рационально проводить контроль и применять комплекс мер по борьбе с амброзией в местах наиболее частого ее распространения – необрабатываемые земли, поймы рек, обочины дорог, сельскохозяйственные поля и их границы.

4. Эффективность методов контроля амброзии должна оцениваться не только дистанционными методами контроля, но и оценкой аллергенной обстановки (концентрацией пыльцы амброзии в воздухе), что позволит людям, в условиях нашего региона, страдающим аллергией, избежать или снизить тяжесть течения болезни.

Список литературы

1. Миркин, Б. М. Современное состояние основных концепций науки о растительности / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – Уфа : Гилем, 2012. – 488 с. – ISBN 978-5-7501-1350-7.
2. Об утверждении Перечня карантинных объектов : Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 15 декабря 2014 года № 501. – Текст : электронный. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420245004>.
3. Ragweed (Ambrosia) Progression and Its Health Risks: Will Switzerland Resist this Invasion? / P. Tamarcaz, C. Lambelet, B. Clot [et al.] // *Swiss Medical Weekly*. – 2005. – Vol. 135. – P. 538–548.
4. Common Ragweed (*Ambrosia Artemisiifolia* L.): A Review With Special Regards to the Results in Hungary: II. Importance and Harmful Effect, Allergy, Habitat, Allelopathy and Beneficial Characteristics / G. Kazinczi, I. Beres, Z. Pathy, R. Novak // *Herbologia*. – 2008. – Vol. 9, Issue 1. – P. 93–118.
5. Assessing and Controlling the Spread and the Effects of Common Ragweed in Europe. Final Report / J. M. Bullock, D. Chapman, S. Schafer [et al.] // *Natural Environment Research Council, UK*. – 2012. – 456 p.
6. Invasive Species of China and their Responses to Climate Change / B. Li, S. J. Wei, H. Li [et al.] // *Invasive Species and Global Climate Change. Part II. Case Studies. Chapter 12*. – Wallingford, Boston : CAB International. – 2014. – P. 198–216.
7. D'Amato, G. Effects of Climate Change on Environmental Factors in Respiratory Allergic Diseases / G. D'Amato, L. Cecchi // *Clinical & Experimental Allergy*. – 2008. – Vol. 38, Issue 8. – P. 1264–1274.
8. Ngom, R. Development of a Remote Sensing-Based Method to Map Likelihood of Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) Presence in Urban Areas / R. Ngom, P. Gosselin // *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. – 2014. – Vol. 7, Issue 1. – P. 126–139.
9. The History of Ragweed in the World / L. Makra, I. Matyasovszky, L. Hufnagel, G. Tusnády // *Applied Ecology and Environmental Research*. – 2015. – Vol. 13, Issue 2. – P. 489–512.
10. Airborne Pollen in Three European Cities: Detection of Atmospheric Circulation Pathways by Applying Three-Dimensional Clustering of Backward Trajectories / L. Makra, T. Sánta, I. Matyasovszky [et al.] // *Journal of Geophysical Research : Atmospheres*. – 2010. – Vol. 115, Issue D24220. – P. 1–16.
11. Мониторинг распространения *ambrosia artemisiifolia* L. в луговых фитоценозах Кабардино-Балкарской Республики (центральный Кавказ) / В. А. Чадаева, К. А. Шхагапсоева, Н. Л. Цепкова, С. Х. Шхагапсоев // *Российский Журнал Биологических Инвазий*. – 2018. – № 1. – С. 130–140.
12. Gene Flow and Population Admixture as the Primary Post-Invasion Processes in Common Ragweed (*Ambrosia Artemisiifolia*) Populations in France / Y. J. Chun, B. Fumanal, B. Laitung, F. Bretagnolle // *New Phytologist*. – 2010. – Vol. 185, Issue 4. – P. 1100–1107.
13. Есипенко, Л. П. Формирование консортных связей в системе фитофаг – хозяин на примере адвентивных организмов *Zygogramma suturalis* (F.) (Coleoptera, Chrysomelidae), *Tarachidia candefacta* Hübner. (Lepidoptera, Noctuidae) и *Ambrosia Artemisiifolia* L. (Ambrosioideae, Asteraceae) в условиях Юга России и Российского Дальнего Востока : специальность 03.02.08 «Экология (биологические науки)» : диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Есипенко Леонид Павлович ; ФГБНУ ВНИИБЗР. – Краснодар, 2015. – 334 с.
14. Goeden, R. D. Three Recent Successes Outside of North America / R. D. Goeden, L. A. Andres // *Handbook of biological control* (ed T.W. Fisher). Academic Press, San Diego, Ca, USA. – 1999. – P. 884–885.
15. Sölter, U. Report on Interaction Between Ambrosia and Surrounding Vegetation, incl. Review of the Impact of Control Measures Against Ambrosia on Biodiversity / U. Sölter, A. Verschwele // *Complex research on methods to halt the Ambrosia invasion in Europe HALT Ambrosia*. – 2010. – 50 с.
16. Методы борьбы с амброзией полыннолистной в России / Л. П. Есипенко, А. П. Савва, Т. Н. Тележенко [и др.] // *Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем : материалы Международной научно-практической конференции, 11–13 сентября 2018 г., Краснодар*. – 2018. – С. 387–392.
17. Исмагилов, Р. Р. Меры борьбы с амброзией трехраздельной в условиях Республики Башкортостан / Р. Р. Исмагилов, Р. Р. Абдулвалеев, Н. Н. Елина // *Перспективы развития науки и общества в условиях инновационного развития : сборник статей международной научно-практической конференции, 21 марта 2018 г., Саратов*. – Уфа : Омега сайнс, 2018. – С. 52–55.

18. General Guidelines for Invasive Plant Management Based on Comparative Demography of Invasive and Native Plant Populations / S. Ramula, T. M. Knight, J. H. Burns, Y. M. Buckley // *Journal of Applied Ecology*. – Vol. 45, Issue 4 – 2008. – P. 1124–1133.
19. *Ophraella Communis*, the Ragweed Leaf Beetle, Has Successfully Landed in Europe: Fortunate Coincidence or Threat? / H. Müller-Schärer, S. T. E. Lommen, M. Rossinelli [et all.] // *European Weed Research Society*. – 2014. – Vol. 54, Issue 2. – P. 109–119.
20. Оценка засоренности антропогенных фитоценозов на основе данных дистанционного зондирования земли (на примере амброзии полыннолистной) / О. Е. Архипова, Н. А. Качалина, Ю. В. Тютюнов, О. В. Ковалев // *Исследование земли из космоса*. – 2014. – № 6. – С. 15–26.
21. Maupin, P. Reconnaissance des Populations d'*Ambrosia Artemisiifolia* sur L'Île de Montréal à l'aide d'un Capteur Hyperspectral. Étude des Propriétés Spectrales et de L'écologie Végétale / P. Maupin, M-C. Boivin // Québec, Canada : Direction de la santé publique de Montréal, 2001. – 22 p.
22. Hyde, M. Relationships Between *Ambrosia Artemisiifolia* Sites and the Physical and Social Environments of Montreal (Canada) / M. Hyde, P. Maupin, P. Aparicio // *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Dig Int Geosci Remote Sens Symp (IGARSS)*. London : Institute for Fiscal Studies. – 2004. – Vol. 1. – P. 235–238.
23. Высоцкий, С. П. Контроль экологического состояния породных отвалов / С. П. Высоцкий, Д. А. Козырь // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. – 2018. – Вып. 3(131). – С. 12–18.

Д. А. Козырь

**ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк
Экологический мониторинг распространения амброзии**

В настоящее время глобальное потепление привело к распространению заражения амброзией территорий многих стран (Канада, Венгрия, Швейцария, Франция, Германия, Китай). В России, как и в Донецкой Народной Республике, для подавления амброзии применяются механические и химические методы. В европейских странах (Италия, Швейцария) и Австралии доказана эффективность биологических методов контроля заражения амброзии.

Комплекс мероприятий по контролю заражения амброзией должен основываться на широкой комбинации организационных, механических и биологических методов. Организационные и биологические методы рационально применять на сельскохозяйственных полях и протяженных очагах заражения амброзией. Для контроля загрязнения амброзией в местах ее активного произрастания вне сельскохозяйственных полей (на необрабатываемых землях, поймах рек, обочинах дорог и границах полей) эффективно применять экологически безопасные механические методы уничтожения данного сорняка.

Основной частью комплекса мероприятий по предотвращению загрязнения амброзией является экологический мониторинг очагов заражения амброзией с применением дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов, тепловизоров с использованием нормализованного вегетационного индекса NDVI и величины температурного контраста (ΔT) между очагами заражения амброзией и тепловизором. Система оповещения населения и медицинских учреждений о концентрации пыльцы и спор амброзии в 1 м^3 воздуха позволит своевременно оценить аллергенную обстановку и избежать или снизить тяжесть течения болезни у людей, страдающих аллергией.

АМБРОЗИЯ, ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ, НОРМАЛИЗОВАННЫЙ ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ИНДЕКС, ТЕПЛОВИЗОР, КОНТРОЛЬ

D. A. Kozyr

**Donetsk National Technical University, Donetsk
Environmental Monitoring of the Ambrosia Spread**

Currently, global warming has led to the spread of ambrosia infection in many countries (Canada, Hungary, Switzerland, France, Germany, China). In Russia, as in the Donetsk People's Republic, mechanical and chemical methods are used to suppress ambrosia. In European countries (Italy, Switzerland) and Australia, the effectiveness of biological methods for controlling ambrosia infection has been proven.

A set of measures to control ambrosia infection should be based on a wide combination of organizational, mechanical and biological methods. Organizational and biological methods can be rationally applied on agricultural fields and extended foci of ambrosia infection. To control the pollution by ambrosia in places of its active growth

outside agricultural fields (on uncultivated lands, river beds, roadsides and field boundaries), it is effective to use environmentally friendly mechanical methods of this weed extermination.

The main part of the package plan to prevent ambrosia contamination is the environmental monitoring of ambrosia infection foci using remotely piloted aircraft, thermal imagers, using the normalized vegetative index NDVI and the magnitude of the temperature contrast (ΔT) between the ambrosia foci and the thermal imager. The warning system of the population and medical institutions about the concentration of pollen and ambrosia spores in 1 m³ of air will allow to assess timely the allergenic situation, and to avoid or reduce the disease severity in people suffering from allergies.

AMBROSIA, REMOTE MONITORING, NORMALIZED VEGETATION INDEX, THERMAL IMAGER, CONTROL

Сведения об авторе:

Д. А. Козырь

SPIN-код: 1695-4050

Телефон: +38 (071) 331-17-08

Эл. почта: kozyr.dmitriy@gmail.com

Статья поступила 14.05.2020

© Д. А. Козырь, 2020

Рецензент: М. В. Коновальчик, канд. техн. наук, АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»