

На правах рукописи

ТУРБАБИНА НАТАЛЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РИСК
ЗАРАЖЕНИЯ АСКАРИДОЗОМ В РОССИИ**

03.02.11 – Паразитология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва – 2019

Работа выполнена в ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)

Научный руководитель:

Кандидат медицинских наук, доцент

Морозова Лола Фармоновна

Официальные оппоненты:

Козлов Сергей Сергеевич – доктор медицинских наук, профессор, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, кафедра инфекционных болезней (с курсом медицинской паразитологии и тропических заболеваний), профессор кафедры

Бычков Виталий Григорьевич – доктор медицинских наук, профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет Минздрава России, кафедра патологической анатомии и судебной медицины, профессор кафедры

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России)

Защита диссертации состоится «___» _____ 2019 года в «___» часов на заседании диссертационного совета Д 208.040.15 при ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая д. 8, стр 2.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д. 37/1 и на сайте организации: <http://www.sechenov.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2019 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 208.040.15

доктор медицинских наук, профессор

Лихтерман Болеслав Леонидович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

По оценкам экспертов Всемирной Организации Здравоохранения более 4,5 млрд. человек в мире поражены паразитарными болезнями, из них более 2 млрд. инвазированы геогельминтами. Самым распространенным среди геогельминтозов является аскаридоз, по оценке экспертов ежегодно в мире заражаются 1,5 миллиарда человек, более 100 тыс. погибают от осложнений. Эта патология, вызванная *Ascaris lumbricoides*, распространена у 70% жителей Азии и Океании, 13% - Америки и Карибского бассейна, 8% - Африки к югу от Сахары, и до 9% - у жителей Европы (Becker S.L. et al., 2018). Аскаридоз является ведущей инвазией среди геогельминтозов на территории России: по данным Федеральной службы Роспотребнадзора ежегодно регистрируют от 40 до 60 тысяч заболевших, что составляет 15% от общего числа больных гельминтозами (Государственный доклад: «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации», 2018). Аскаридоз является причиной задержки физического и психического развития детей, снижает эффективность вакцинопрофилактики и трудоспособность населения, приводит к выраженной аллергизации организма больного, вторичным иммунодефицитам и снижает сопротивляемость организма к инфекционным и неинфекционным болезням.

Глобализация рынка сельскохозяйственных продуктов, расширение масштабов международной торговли, туризма и сезонных миграций, изменение культурных и поведенческих проявлений у людей, отсутствие характерных клинических симптомов заболевания, появление глобальных экологических проблем способствуют распространению паразитарных болезней не только в развивающихся, но и в экономически развитых странах. Мониторинг эпидемической ситуации позволяет оперативно оценивать и адекватно реагировать, что повышает эффективность системы эпидемиологического надзора за геогельминтозами. Объективная оценка факторов, способствующих или препятствующих распространению аскаридоза на территории Российской

Федерации, является научным основанием для планирования и проведения противоэпидемических и профилактических мероприятий.

Цель исследования: Разработать комплексную оценку природно-климатических факторов на базе географических информационных систем (ГИС) для современного ареала аскаридоза на территории России.

Задачи исследования:

1. Сравнить и оценить традиционные методики анализа природно-климатических факторов, необходимых для развития яиц аскарид.

2. Оптимизировать методические подходы к оценке природно-климатических факторов, необходимых для развития яиц аскарид.

3. Создать комплексную Базу данных по аскаридозу на основании медицинских, социальных и природно-климатических показателей и интегрировать её в программу Health Mapper версии 4.3.

4. На основании разработанной методики определить современный ареал аскаридоза на территории России для снижения заболеваемости аскаридозом и оптимизации эпидемиологического надзора.

Научная новизна

1. Впервые создан комплексный инструмент оценки природно-климатических параметров на базе ГИС для определения современного ареала аскаридоза на территории России.

2. Разработаны индикаторы оценки эффективности эпидемиологического надзора за геогельминтозами на основе ГИС.

3. Впервые определена граница максимального распространения аскаридоза на территории России, обусловленная июльской изотермой, южнее которой существуют условия для развития эпидемического процесса.

Практическая значимость диссертационного исследования состоит в том, что на основании оптимальной для современных задач эпидемиологического надзора за паразитарными болезнями программы Health Mapper (версия 4.3) с интегрированными цифровыми картами территории России и созданной базой данных с географической привязкой, возможно их применение в учреждениях

Роспотребнадзора для мониторинга ситуации по геогельминтозам на территории России и противогельминтозных мероприятий.

Получен патент Российской Федерации №2568516 «Мобильная паразитологическая лаборатория» для скрининга населения и раннего выявления инвазированных лиц.

Федеральной Службой по интеллектуальной собственности Российской Федерации было выдано Свидетельство о государственной регистрации Базы данных № 2019621492 «Медицинские, социальные и природно-климатические аспекты аскаридоза» от 21 августа 2019 г.

Полученные результаты исследований использованы в процессе обучения студентов медицинских ВУЗов и слушателей курсов постдипломного образования на кафедрах инфекционных болезней с курсом эпидемиологии.

Внедрение результатов диссертационной работы

Материалы исследований используются в виде лекций, семинарских и практических занятий:

- Кафедрой тропической медицины и паразитарных болезней МПФ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по специальностям 03.02.11 - «паразитология» и 14.02.02 – «эпидемиология»;

- Кафедрой тропических, паразитарных болезней и дезинфекционного дела ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России по специальности 03.02.11 - «паразитология».

Апробация исследования

Материалы диссертационного исследования обсуждены и доложены на:

- III Российском конгрессе лабораторной медицины (научно-практической междисциплинарной конференции с международным участием), г. Москва (Россия), 11-13 октября 2017 г.;

- IX Ежегодном Всероссийском конгрессе по инфекционным болезням с международным участием, г. Москва (Россия), 27-29 марта 2017 г.;

- IV Российском конгрессе лабораторной медицины (научно-практической междисциплинарной конференции с международным участием), г. Москва (Россия), 03-05 октября 2018 г.;

- V Всероссийской междисциплинарной научно-практической конференции с международным участием «Социально-значимые и особо опасные инфекционные заболевания», г. Сочи (Россия), 30 октября–02 ноября 2018 г.

Диссертация апробирована на совместном заседании Института медицинской паразитологии, тропических и трансмиссивных заболеваний им. Е.И. Марциновского и кафедры тропической медицины и паразитарных болезней МПФ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М.Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Протокол № 1 от 18 апреля 2019 года).

Личный вклад автора

Автор разработал комплексный инструмент оценки природно-климатических параметров на базе ГИС для определения современного ареала аскаридоза на территории России, апробировал методику расчета автоматического определения температуры почвы по температуре воздуха, основанную на расчетах коэффициентов полинома, что позволяет производить расчеты сроков развития яиц аскарид в почве в любом регионе Российской Федерации без проведения экспериментальных затратных исследований, спланировал и осуществил экспериментальную часть работы.

Автор принимал консультативное и методическое участие на всех этапах разработки рабочей конструкторской документации на мобильную паразитологическую лабораторию на базе автобуса ПАЗ.

Автором сформулированы практические рекомендации по использованию модифицированной компьютерной программы Health Mapper в качестве эффективного инструмента для анализа оперативных и ретроспективных эпидемиологических данных с целью оценки риска распространения аскаридоза.

Автор самостоятельно проанализировал литературные данные, результаты выполненных им исследований и провел статистическую обработку полученных данных.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Задачи и научные положения, выносимые на защиту, диссертации соответствуют формуле специальности 03.02.11 «Паразитология». Результаты проведенного исследования соответствуют области исследования паспорта специальности 03.02.11 «Паразитология», конкретно пунктам 8, 9.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 101 странице машинописного текста, состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов исследований, трех глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, включающего 131 публикацию, из которых 54 иностранных и 4–х приложений. Работа иллюстрирована 4 таблицами, 15 рисунками.

Публикации: По материалам исследований опубликовано 5 печатных работ, из них в рецензируемых научных журналах, включенных в перечень ВАК России – 4, получен патент Российской Федерации № 2568516 - 1.

Благодарности

Выражаю искреннюю признательность научному руководителю, к.м.н., доценту кафедры тропической медицины и паразитарных болезней МПФ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) Морозовой Лоле Фармоновне за всестороннюю помощь на всех этапах выполнения диссертационной работы.

Выражаю благодарность заведующему кафедрой тропической медицины и паразитарных болезней МПФ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), главному научному сотруднику ИМПТиТЗ им.Е.И. Марциновского, д.м.н., профессору, академику РАН Сергееву В.П. и профессору кафедры тропической медицины и паразитарных болезней Морозову Е.Н., а также сотрудникам ИМПТиТЗ им. Е.И. Марциновского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) д.м.н., профессору Барановой А.М. и к.м.н. Кондрашину А.В. за экспертную помощь, а также редактору сайта <http://www.atlas-yakutia.ru> Гавришеву А.Н.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы, объем и методы исследования

При проведении научно-исследовательской работы применили программы Microsoft office 2016 (MS Access, MS Excel, MS Word) и ГИС (ArcGIS 10.1 компании ESRI (лицензия № EFL268386118), Health Mapper (версии 4.3)), цифровые карты (компания ESRI, сайт https://mydata.biz/ru/catalog/databases/borders_ru). В процессе работы были проанализированы данные информационных сборников статистических и аналитических материалов по заболеваемости протозоозами и гельминтозами населения Российской Федерации, и ежемесячные метеорологические данные Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — Мировой центр данных.

Изучены нормативно-методические документы (МУК 4.2.2661-10, МУ 3.2.1022-01, СанПиН 3.2.3215-14, СП 3.4.2318-08 и научные публикации (статьи, монографии) по теме диссертации.

Объем проведенных исследований в таблице 1.

Таблица 1. Объем исследований

№ п/п	Выполненные работы	Всего
1.	Статистическая обработка информационных сборников по заболеваемости протозоозами и гельминтозами населения Российской Федерации	18 сборников за 19 лет (2000-2018 гг.)
2.	База данных: «Медицинские, социальные и природно-климатические аспекты аскаридоза»	4.33 Мб
3.	Определение начала и окончания периода развития яиц аскарид до инвазионной стадии в почве	по 19 субъектам за 7 лет (2012 -2018 гг.)
4.	Анализ температурных показателей для создания автоматического расчета определения температуры почвы на разных глубинах по температуре воздуха: - почвы (на глубине 0, 10 и 20 см); - воздуха.	по данным за 33 года (1986 – 2018 гг.)
5.	Оценены температурные показатели и создана июльская изотерма +13°C для определения северной границы аскаридоза в РФ.	по данным за 33 года (1986 – 2018 гг.)

Методы исследований. В исследовательской работе, проведенной в 2015-2019 гг., использовали эпидемиологические (анализ динамики и структуры заболеваемости аскаридозом), медико-статистические (планирование исследований, статистическое наблюдение, группировка и научно-статистический анализ природно-климатических показателей и заболеваемости), компьютерные (графическое и литературное оформление результатов исследования) и картографические методы (создание карты с современной границей ареала аскаридоза в России, наиболее полно описываемой июльской изотермой +13° С).

С помощью формулы Боденгеймера, разработанной для определения срока развития водных стадий комаров (WHO Expert Committee on the Control of Ascariasis & World Health Organization, 1967) и результатов анализа метеорологических данных по 19 субъектам РФ был определен сезон развития яиц аскарид в почве на территории РФ (начало и окончание периода развития яиц аскарид до инвазионной стадии в почве), а именно:

$$S = \frac{C}{T^{\circ} - t^{\circ}}, \text{ где}$$

S – число дней, в течение которых заканчивается развитие; C – сумма эффективных температур за соответствующий период времени; T° - средняя суточная температура; t° - нижний порог развития.

Для расчета суммы «эффективных температур», обеспечивающей достижение яйцами аскарид инвазионной стадии развития, применили формулу:

$$(T1 - 13) + (T2 - 13) + (T3 - 13) = 300, \text{ где}$$

T1, T2, T3 – среднесуточная температура по дням; 13- нижняя пороговая температура; 300 – сумма «эффективного тепла».

Статистическая обработка результатов. Все подсчеты, произведенные в программе Microsoft Excel 2016 были интегрированы в «Менеджер Данных» программы Health Mapper (версия 4.3), в частности в БД «Медицинские, социальные и природно-климатические аспекты аскаридоза». Эпидемиологический анализ проводили в программе Health Mapper с помощью управления БД по аскаридозу в Российской Федерации.

Для расчета регрессионных зависимостей были рассчитаны

среднемноголетние временные ряды – атмосферная температура воздуха, температура почвы, за период с 1986 г. по 2018 г. (с апреля по октябрь). Температура воздуха рассматривалась как независимая физическая характеристика, а температура почвы как функция температуры воздуха. Для снижения сезонной погрешности, обусловленной осадками и влажностью, расчеты коэффициентов сделаны ежемесячно. Коэффициенты полинома (регрессионного уравнения) получены методом полиномиальной регрессии. В расчете погрешности использован среднеквадратичный метод.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты проведенных исследований позволили сформулировать и обосновать два основных положения диссертации, выносимых на защиту:

ПЕРВОЕ ПОЛОЖЕНИЕ. Методика автоматического определения температуры почвы по температуре воздуха, основанная на расчетах коэффициентов полинома за период с 1986 по 2018 гг., позволяет определять сроки развития яиц аскарид в почве в любом регионе Российской Федерации без проведения экспериментальных затратных исследований.

Аскаридоз на территории России занимает в структуре паразитарных болезней 2-е место, что связано с широтой природно-климатических и социально-экономических условий, обеспечивающих развитие эпидемического процесса на значительной территории нашей страны. В 2018 г. в Российской Федерации было зарегистрировано 18 626 случаев аскаридоза (12,68 на 100 тысяч населения, в 2017 г. – 13,10), в том числе у детей в возрасте до 17 лет – 13 277 случаев (37,75 на 100 тысяч населения, в 2017 г. – 47,02). Среди заболевших, доля детей от 0 до 6 лет составила 43-45% (рисунок 1), что свидетельствует об интенсивности эпидемического процесса и высоком риске заражения.

Динамика заболеваемости аскаридозом сохраняется стабильной (рисунок 2), при этом распространение аскаридоза по отдельным территориям остается неравномерным.

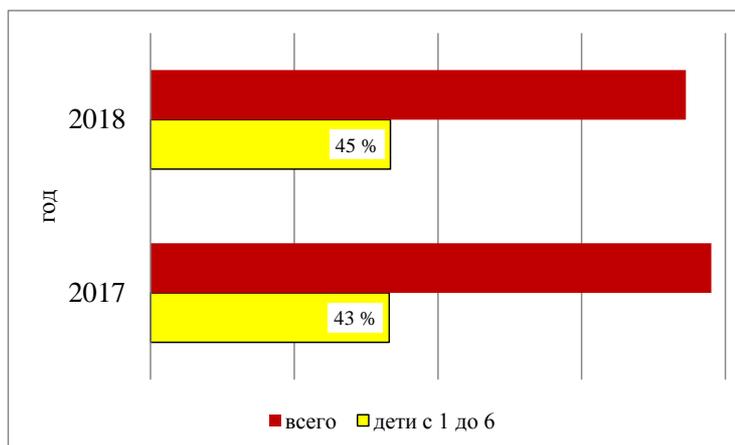


Рисунок 1. Доля детей в популяции больных аскаридозом

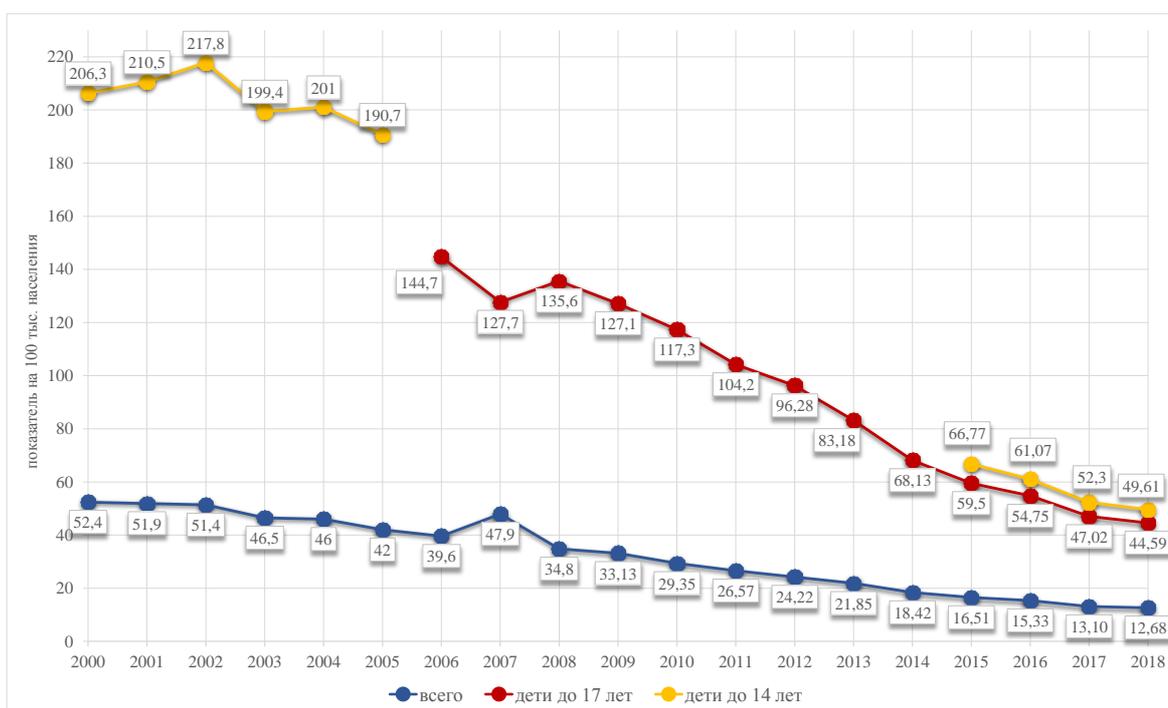


Рисунок 2. Динамика заболеваемости аскаридозом на 100 тыс. населения (2000-2018 гг.)

Для развития аскаридоза и поддержания эпидемического процесса аскаридоза в человеческой популяции необходимы: источник инфекции - больной человек, выделяющий с фекалиями оплодотворённые яйца *A. lumbricoides*, благоприятные факторы окружающей среды и восприимчивое население. Одна половозрелая аскарида в течение своей жизни создает условия постоянного загрязнения окружающей среды фекалиями лиц, пораженных аскаридозом, производя ежедневно около 200 000 яиц, а возможность сохранения инвазионных яиц в почве свыше 5 лет приводит к существенному их накоплению.

Существует много способов появления человеческих экскрементов в окружающей среде, например, самым простым является открытая дефекация, очищение выгребных ям, компостов, содержащих фекалии. Следовательно, *A. lumbricoides* может чаще обнаруживаться в окружающей среде, однако узнать количественную оценку загрязнения окружающей среды яйцами аскарид и определить их выживаемость сложно из-за технических проблем и ограниченных ресурсов. В результате могут появиться новые очаги обсеменения, тем самым повышая риск заражения человеком *A. lumbricoides*, а при благоприятных природно-климатических факторах возможно и расширение ареала.

Для прогнозирования эпидемической ситуации необходимо учитывать сроки развития яиц аскарид в почве, т.к. их развитие до инвазионной стадии проходит без промежуточного хозяина. Скорость процесса развития личинок до инвазионной стадии определяется временем накопления определенной суммы тепла, необходимого для завершения процесса развития, т.е. суммы градусо-дней, исчисляемых по эффективным температурам (температуры, лежащие над нижним порогом развития).

По данным научных публикаций, полученных на основании лабораторных исследований, сведения по вопросам градусов нижней пороговой температуры почвы и суммы градусо-дней разноречивы и, по-видимому, это связано с проведением экспериментальных исследований в разных почвенно-климатических условиях, в разное время и не указаны высота места измерения температуры относительно уровня почвы (Антонова М.В., Романенко Н.А., Беляева М.И, Малышева Н.С, Байрамгулова Г.Р., Касьянов В.И, Моськина О.В.). Анализ этих исследований позволили выявить оптимальные климатические режимы, условия и параметры для формирования яиц *A. lumbricoides* до инвазионной стадии (таблица 2).

Предложенный метод биоклиматограмм (Мартынова З.И., Кондрашин А.В., 1967 г.) трудоемок, в его основу входило проведение за ряд лет графоаналитического метода анализа связей, устанавливающихся между возбудителями аскаридоза, среднедекадной температурой и влажностью почвы.

Климатические режимы, условия и параметры	Температурный порог развития яиц в почве	нижний +13°C	оптимальный интервал от +17°C до +29°C (средняя +24°C)
		верхний +36°C	
	Влажность	воздуха не ниже 10%	
		почвы не ниже 8%	
Температура воздуха	в пределах +17...+27°C		
Сумма «эффективных температур» для развития яиц от стадии протопласта до стадии инвазионного яйца равная 300°			

Таблица 2. Необходимые климатические режимы, условия и параметры для формирования яиц *A. lumbricoides* до инвазионной стадии

Для изучения сроков выживаемости яиц аскарид в почве проводят посезонное закладывание яиц *A. lumbricoides* в почву (на поверхности, на глубину 5, 10 и 20 см). Для проведения экспериментальных исследований выбирают площадки на освещенных солнцем общественных местах отдыха (парки, скверы), в тени с растительностью и там, где она отсутствует, а также вблизи игровых детских площадок. Объектами наблюдений служат яйца аскарид, полученные из фекалий больных людей и яйца аскарид, извлеченных из маток половозрелых аскарид, отошедших после лечения больных.

Из выше перечисленного следует, что для определения суммы «эффективных температур» для развития яиц от стадии протопласта до стадии инвазионного яйца необходимы данные по температурам почвы. Однако для измерения температуры почвы необходимо соответствующее оборудование, например, коленчатые термометры Савинова, измеряющие температуры почвы на глубинах 5, 10, 15, 20 см в пределах от -10°C до +50°C, на расстоянии 10 см друг от друга, глубины увеличиваются в направлении с востока на запад. При этом из-за удаленности метеостанций не вся почва контролируется, тем самым затрудняется динамическое наблюдение в период исследования.

Основным источником тепла почвы является солнечная радиация (лучистая солнечная энергия), но ее приток к поверхности почвы зависит от рельефа местности, покрытия растительности, времени года и суток, состояния атмосферного воздуха. Небольшое количество тепла почва получает из

глубинных слоев Земли, а также за счет химических, биологических и радиоактивных процессов, протекающих в верхних слоях литосферы, и при разложении органических веществ (например, навоза и др.), которые широко используют в овощеводстве открытого и закрытого грунтов (следует отметить, что основную роль в интенсификации эпидемического процесса играет развитие тепличных хозяйств, т.к. в тепличных комплексах температурный режим почвы в пределах от +14°C до +25°C, что повышает риск распространения аскаридоза с последующей местной передачей).

В зависимости от соотношения количества поглощенной поверхностью почвы лучистой энергии и излучения почвой тепла в атмосферу почвенная поверхность будет или нагреваться, или охлаждаться. Учитывая, что температура почвы во многом определяется температурой воздуха, такую взаимосвязь можно охарактеризовать в аналитическом виде как уравнение регрессии. По этой причине целесообразно использовать математический инструмент, для оценки вероятной связи атмосферной температуры воздуха и температуры почвы и последующего использования, полученных результатах на практике. В частности, используем формулу энергетического баланса земной поверхности, так как климат на Земле зависит от солнечной энергии:

$$R + k * (T_{п} - T_{в}) + G = 0, \text{ где}$$

R – Радиационный баланс (солнечная радиация); $T_{п}$, $T_{в}$ – Среднесуточная температура почвы; k – Коэффициент, определяющий теплопередающие свойства воздуха и почвы; G – Поток тепла, обусловленный подстилающими почву грунтами и подземными водами.

Если принять, что радиационный баланс находит отражение в температуре воздуха, после небольших преобразований формулы энергетического баланса земной поверхности, получаем зависимость температуры поверхности почвы от температуры воздуха:

$$T_{п} = (T_{в} - (G + R))/k, \text{ где}$$

$T_{п}$ – среднесуточная температура почвы; $T_{в}$ – среднесуточная температура воздуха; G – поток тепла, обусловленный подстилающими почву грунтами и

подземными водами; R – радиационный баланс (солнечная радиация); k – коэффициент, определяющий теплопередающие свойства воздуха и почвы.

Аналитическое решение этой формулы для практики имеет весьма сложный вид. Поэтому, для получения эмпирической зависимости, необходимо было понять какой из этих параметров является преобладающим для температуры почвы. Для этого на графике (рисунок 3) приведены коэффициенты корреляции, как факторы, определяющие влияние температуры воздуха на температуру почвы. Приближение к единице коэффициента корреляции между температурой воздуха и температурой поверхности почвы позволяет использовать это свойство для построения эмпирических зависимостей для расчета температуры почвы.

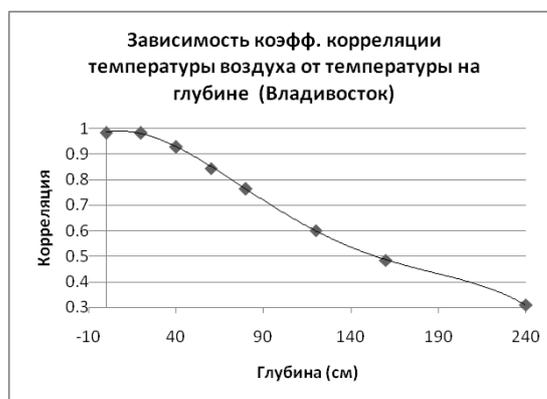


Рисунок 3. Зависимость коэффициента корреляции между температурой воздуха и температурой поверхности почвы на разных глубинах

Поэтому, принимая в первом приближении, что температура поверхности почвы определяется температурой воздуха и теплопередающие свойства почвы неизменны, получаем зависимость температуры поверхности почвы от температуры воздуха:

$$T_{\text{п}} = k_1 * T_{\text{в}} + \text{const} \text{ (формула 1)}$$

На глубине почвы, с учетом теплофизических свойств грунта зависимость становится нелинейной и имеет:

$$T_{\text{п}} = k_1 * T_{\text{в}} * T_{\text{в}} + k_2 * T_{\text{в}} + \text{const} \text{ (формула 2), где}$$

k_1 – коэффициент, определяющий связь температуры воздуха и температуры почвы при усредненных теплофизических свойств почвы; k_2 – коэффициент, обусловленный нелинейной зависимостью теплофизических свойств почвы от температуры воздуха; const – константа.

Данные коэффициентов определяли эмпирическим путем из сопоставления натуральных многолетних наблюдений температуры воздуха и температуры почвы на разных глубинах, от 0 см до 20 см с 1986 по 2018 гг. (<http://www.atlas-yakutia.ru>). Из зависимости температуры поверхности почвы от температуры воздуха видно отсутствие нелинейной зависимости, что согласуется с формулой 1, тем самым доказывая, что температура поверхности почвы определяется в основном только температурой воздуха. Боковые тренды в графике показывают влияние влажности воздуха и осадков на расчеты, поэтому для уменьшения такой погрешности, расчет сделан ежемесячно (рисунок 4).

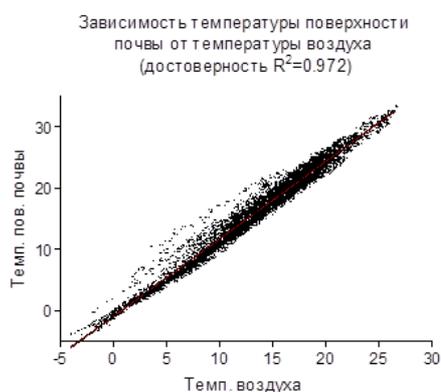


Рисунок 4. Корреляционная зависимость температуры поверхности почвы от температуры воздуха

На глубине 5 см проявляется нелинейная зависимость за счет теплофизических свойств почвы и согласуется с формулой 2 (рисунок 5).

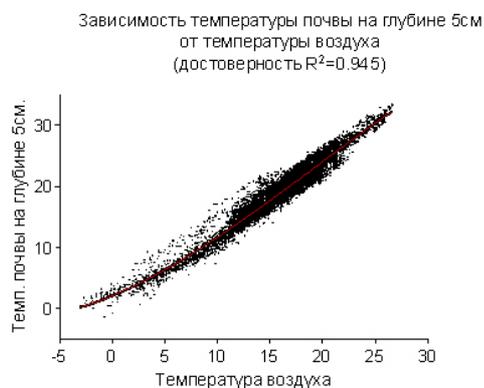


Рисунок 5. Корреляционная зависимость на глубине почвы от температуры воздуха

В работе были рассчитаны коэффициенты полинома, позволяющие

вычислять температуру почвы на её поверхности и на глубине 0, 10 см и 20 см по среднесуточной температуре воздуха. В расчетах следует опираться на следующие факторы: среднеквадратичная погрешность – возможная ошибка в определении температуры почвы; достоверность, допустимая величина которой лежит в пределах 0.7 - 0.8.

Например, для Пскова в июне, среднесуточная температура воздуха составила +22.3°C, при этом коэффициенты полинома для температуры на поверхности почвы (Тп) соответствуют следующим значениям: k0: 0.007312745; k1: 0.974285938; k2: 3.082483313. Тогда температура поверхности почвы будет рассчитана:

$$T_{п} = 22.3 * 0.007312745 * 0.007312745 + 22.3 * 0.974285938 + 3.082483313$$

$$T_{п} = 24.8^{\circ}\text{C}$$

Погрешность данного вычисления составляет 2.12°C с достоверностью 78% (рисунок 6).

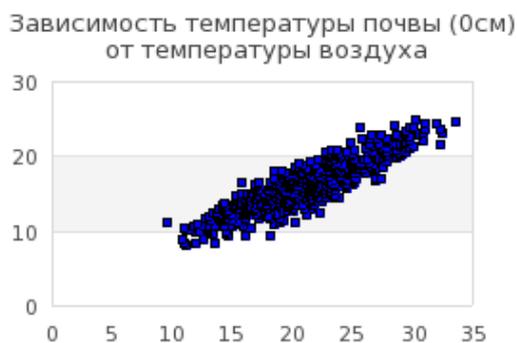


Рисунок 6. Корреляционная зависимость на глубине почвы от температуры воздуха (г. Псков)

Таким образом, при сравнении и оценке способов анализа природно-климатических факторов, необходимых для развития и выживания яиц аскарид, были выявлены ограничения традиционных методик. Созданная методика расчета автоматического определения температуры почвы по температуре воздуха, основанная на расчетах коэффициентов полинома (регрессионного уравнения) за период с 1986 по 2018 гг., позволила произвести расчеты и определить начало и окончание сроков развития яиц аскарид в почве до инвазионной стадии в любом регионе Российской Федерации без проведения экспериментальных затратных

исследований, заключающихся в закладках яиц аскарид в почву и в применении термоградусников.

ВТОРОЕ ПОЛОЖЕНИЕ. Создан математический инструмент объективного прогнозирования эпидемической ситуации по аскаридозу - База данных, интегрированная в модифицированную компьютерную программу Health Mapper, позволяющая анализировать социальные и природно-климатические параметры, определяющие возможности развития эпидемической ситуации по геогельминтозам (на примере аскаридоза) и определять границы ареала аскаридоза в России, наиболее полно описываемые июльской изотермой, южнее которой возможно развитие эпидемического процесса.

Государственной программой РФ «Развитие здравоохранения» (2017 г.) и «Стратегией развития медицинской науки в РФ на период до 2025 года» (2018 г.) определена необходимость широкого внедрения в практику здравоохранения современных информационных технологий и применения аналитической обработки информации для целей управления в здравоохранении. Необходимым этапом должна стать разработка и совершенствование систем эпидемиологического надзора, мониторинга и предэпидемической диагностики для эффективного управления заболеваемостью, профилактики и сохранения здоровья населения.

Исследования подтвердили, что ГИС являются современным аналитическим инструментом не только в проведении эпидемиологических обследований, картирования очагов паразитарных болезней и оперативного принятия управленческих решений, но и определяют границы ареалов с помощью изучения условий существования паразитарных систем. Основным компонентом в создании системы мониторинга паразитарных болезней является информационная база данных (БД), созданная в СУБД Microsoft Access 2016, в формате в Access 2002-2003 с расширением файла *.mdb.

Целью создания Базы данных «Медицинские, социальные и природно-климатические аспекты аскаридоза» является проведение статистических

область, Свердловская область, Тульская область, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ) РФ с 2012 по 2018 гг. Методология расчета основана на формуле Боденгеймера, первоначально применяемой для расчетов сроков развития водных стадий кровососущих комаров. В дальнейшем указанную формулу использовали при оценке природных предпосылок распространения аскаридоза. Тогда в 1960-е годы в качестве северной границы ареала аскаридоза по аналогии с малярией использовали изотерму июля $+16^{\circ}\text{C}$, полагая что такова нижняя температурная граница развития яиц аскарид в почве. Температурные показатели воздуха и почвы были собраны с апреля по октябрь, исходя из того, что благоприятные условия для развития яиц аскарид в почве равнинной зоны создаются во 2-й декаде апреля (температура почвы превышает $+13^{\circ}\text{C}$) и окончание сезона развития яиц *A. lumbricoides* в почве наблюдают в равнинной зоне в 3-й декаде октября (снижение температуры почвы ниже $+13^{\circ}\text{C}$). Расчет был проведен для температуры поверхности почвы на глубине не более 20 см, поскольку пересчет на большую глубину не целесообразен: начинает сказываться эффект теплопотери от влажности почвы, а с другой стороны нахождение яиц аскарид на большой глубине снижает эпидемический риск. По проведенным экспериментальным расчетам на открытых грунтах были определены даты начала и окончания периода возможного заражения яйцами аскарид, число дней в период с апреля по октябрь, в течение которых возможно заражение. Так, условия для развития яиц аскарид в почвах городов Брянска, Саранска и Благовещенска начинаются со 2-й декады апреля и продолжаются по 2-ю декаду августа, а в г. Екатеринбург окончание сезона заражения приходится на середину сентября.

Рассчитанная нами продолжительность сезона развития (сроки развития яиц аскарид) в почве города Ханты-Мансийска составила 85-90 дней, что соответствует проведенным специальным экспериментальным исследованиям по изучению сроков развития яиц аскарид (закладки 600 тест-объектов с яйцами аскарид) в ХМАО-Югра (Моськина О.В., Малышева Н.С., 2016 г.). Это указывает на наличие благоприятных климатических условий даже на территориях крайнего севера для распространения аскаридоза среди населения.

Сопоставляя природные факторы внешней среды и социально-экономические (значительное удорожание лекарственных средств, предметов санитарии и гигиены, усиление миграции городского населения в сельскую местность, туризм, прибытие сезонных рабочих, увеличение контактов человека с животными, извлекавшимися в земле, развитие тепличных хозяйств, ухудшение экологической ситуации), которые влияют на распространение аскаридоза со статистическими данными о заболеваемости на севере страны и с научными исследованиями в условиях сурового климата, можно сделать заключение о том, что в последние годы создается определенный фон для расширения ареала аскаридоза на север нашей страны.

Созданный математический инструмент объективного прогнозирования эпидемической ситуации по аскаридозу позволил определить современную границу ареала аскаридоза в России, наиболее полно описываемую июльской изотермой + 13°C, южнее которой возможно развитие эпидемического процесса (рисунок 8). Полученные нами данные согласуются с исследованиями проведенных в городе Ханты-Мансийск в 2016 г.

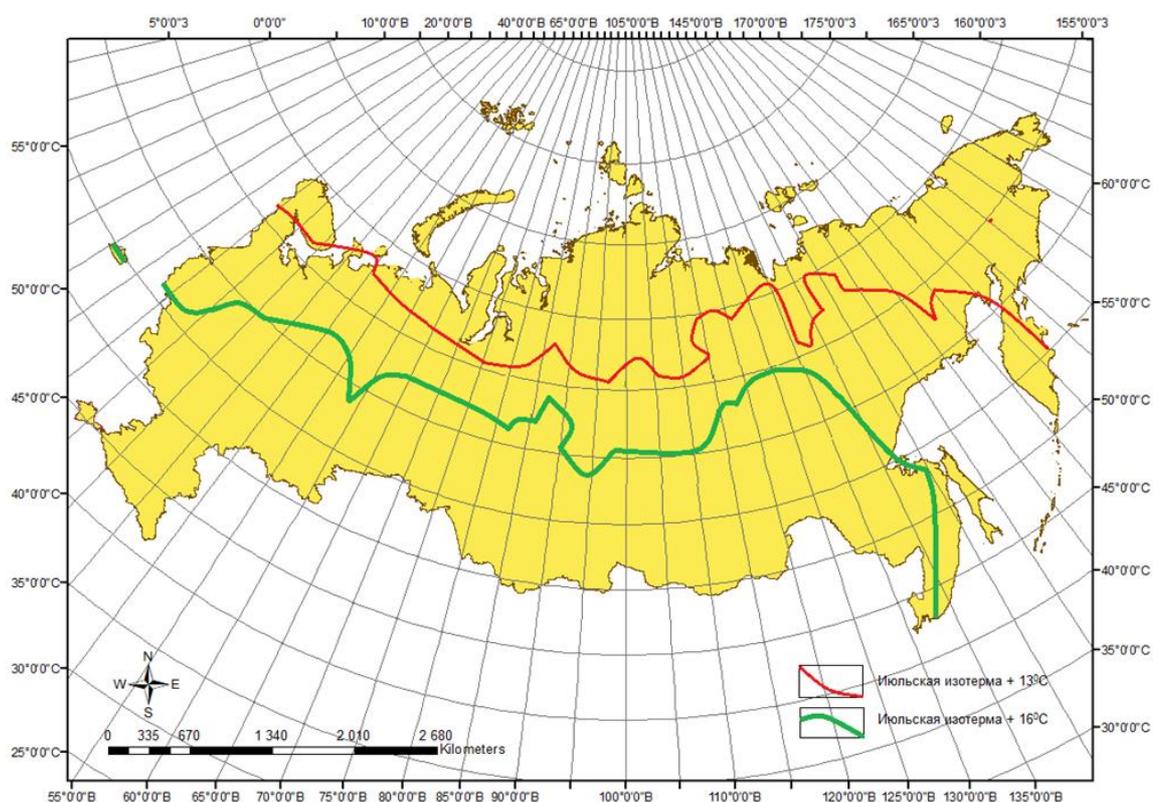


Рисунок 8. Современный ареал аскаридоза в России

Для обеспечения мобильности в процессе санитарно-паразитологического мониторинга за геогельминтозами, включая аскаридоз, нами совместно с соавторами ИМП ТиГЗ им. Е.И. Марциновского и МФТИ предложена оригинальная концепция мобильной паразитологической лаборатории. Такая лаборатория способна обеспечить повышение эффективности эпидемиологического надзора за паразитарными болезнями за счет верификации на местах расчетных данных и усилить возможности учреждений Роспотребнадзора и Минздрава РФ в области борьбы с паразитарной патологией на основе повсеместного использования новых информационных телекоммуникационных технологий и инновационных диагностических систем. Наши исследования показали, что для улучшения эпидемической ситуации создан надежный инструмент мониторинга за геогельминтозами (на примере аскаридоза), позволяющий оценить, оперативно реагировать и повысить эффективность системы эпидемиологического надзора.

Помимо этого были выявлены факторы, препятствующие распространению аскаридоза: стихийные бедствия (наводнения, засуха) урбанизация, проведение водопроводов и канализации в сельской местности, обезвреживание сточных вод, повышение санитарной культуры населения и его благосостояния, обязательное обучение детей санитарным привычкам в дошкольных и школьных учреждениях и создание условий для их выполнения.

Разработанная методика для оценки природных предпосылок распространения аскаридоза на основе ГИС, является оптимальной для анализа оперативных и ретроспективных эпидемиологических данных и может использоваться для оценки риска заражения геогельминтозами в интересах обеспечения биологической безопасности нашей страны.

ВЫВОДЫ

1. Сравнение методик анализа природно-климатических факторов, необходимых для развития яиц аскарид выявило серьезные ограничения традиционных методик, основанных на построении графиков биоклиматограмм и номограмм, в то время как разработанная методика оценки природно-

климатических предпосылок распространения возбудителей аскаридоза на основе ГИС, является лучшей программой для анализа оперативных и ретроспективных эпидемиологических данных и может использоваться для оценки риска передачи геогельминтозов.

2. Созданный математический инструмент определения корреляции между атмосферной температурой воздуха и температурой почвы позволяет автоматизировать расчеты сроков развития яиц в любом регионе России, удаленном от метеостанций, что значительно расширит зону охвата проводимого мониторинга.

3. Созданная База данных «Медицинские, социальные и природно-климатические аспекты аскаридоза», содержащая 13 таблиц, включающих медицинские, социальные и природно-климатические индикаторы является частью комплексного инструмента мониторинга за этой нозологией.

4. Интеграция Базы данных «Медицинские, социальные и природно-климатические аспекты аскаридоза» в программу географических информационных систем позволяет расширить возможности мониторинга и визуализировать полученные эпидемиологические данные путем наложения их на тематические карты программы Health Mapper, рекомендованной Всемирной организацией здравоохранения.

5. На основании разработанной методики определена северная граница потенциального ареала аскаридоза, которая проходит около 66° с.ш., что существенно дальше на север по сравнению с ранее рассчитанной границей по июльской изотерме $+ 16^{\circ}$ С, так как в настоящее время доказано, что развитие яиц аскариды возможно уже при температуре почвы выше $+ 13^{\circ}$ С.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При планировании противоэпидемических и профилактических мероприятий рекомендуется использовать созданный математический инструмент определения корреляции между атмосферной температурой воздуха и температурой почвы для автоматизации расчетов сроков развития яиц аскарид в любом регионе России, удаленном от метеостанций.

2. Преобразованная ГИС программа Health Mapper рекомендована в качестве эффективного инструмента для анализа оперативных и ретроспективных эпидемиологических данных с целью оценки риска распространения аскаридоза.

3. Разработанная мобильная паразитологическая лаборатория может быть рекомендована для применения в труднодоступных районах России, что существенно расширит возможности мониторинга за гельминтозами.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Морозов, Е.Н. Мобильная паразитологическая лаборатория. **Патент РФ RU 2568516 C1.** / Е.Н. Морозов, В.П. Сергиев, К.Ю. Кузнецова, Л.Ф. Морозова, Е.В. Степанова, **Н.А. Турбабина**, Д.А. Гаврилов, Н.Н. Щелкунов, А.В. Мелерзанов // Опубликовано: 20.11.2015. – Бюл. №32.

2. Морозова, Л.Ф. Оценка риска возможного возникновения местного заражения аскаридозом на территории Российской Федерации (методологические принципы и подходы) / Л.Ф. Морозова, **Н.А. Турбабина**, В.П. Сергиев, Е.Н. Морозов, Е.В. Степанова, М.С. Максимова // **Мед. паразитол.** - 2016. - № 3. - С. 40-41.

3. Морозова, Л.Ф. Опыт использования ГИС в эпидемиологических исследованиях (на примере малярии и дирофиляриозов) / Л.Ф. Морозова, В.П. Сергиев, А.М. Баранова, Л.А. Ганушкина, А.В. Кондрашин, В.Г. Супряга, Е.В. Степанова, М.С. Максимова, **Н.А. Турбабина**, Е.Н. // **Мед. паразитол.** - 2017. - № 1.- С. 14-16.

4. Супряга, В.Г. Современная эпидемиологическая ситуация по аскаридозу в Российской Федерации / В.Г. Супряга, **Н.А. Турбабина**, Л.Ф. Морозова, В.П. Сергиев, А.В. Кондрашин, Е.В. Степанова, М.С. Максимова, В.М. Ракова, Е.Н. Морозов // **Мед. паразитол.** - 2018. - № 1.- С. 8-12.

5. **Турбабина, Н.А.** Современная ситуация и ареал аскаридоза в России / **Н.А. Турбабина**, Л.Ф. Морозова, В.П. Сергиев, А.В. Кондрашин, Е.В. Степанова, М.С. Максимова, А.Ю. Бражников, Е.Н. Морозов // **Мед. паразитол.** - 2019. - № 1.- С. 41-47