

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗНЫХ СРОКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ФИТОФТОРЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ КАРТОФЕЛЯ В ВОЛЫНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Излагаются результаты численных экспериментов с моделью по оценке влияния разных сроков возникновения фитофторы на формирование урожая картофеля.*

**Ключевые слова:** фитофтора, модель, картофель, срок, болезнь, осадки, температура воздуха, развитие.

**Введение.** Богатые углеводами ботва и клубни картофеля – прекрасный субстрат для многочисленных микроорганизмов, грибов и бактерий, вызывающих различные заболевания этой культуры.

Фитофтора – одна из самых вредоносных болезней картофеля. Фитофтора широко распространена и известна там, где разводят картофель.

Особенно большой ущерб причиняет болезнь в зонах с обильным выпадением осадков во вторую половину лета.

Возбудитель болезни – гриб *Phytohthora intestans* de Bary. Фитофтора поражает листья, стебли и клубни, иногда бутоны и ягоды картофеля.

Первые признаки болезни появляются на нижних листьях картофельного куста в виде темно-бурых мокнущих пятен. На нижней стороне листьев на границе здоровой и пораженной ткани образуется белый налет, видный в дождливую погоду или утром до высыхания росы.

При благоприятных условиях (часто выпадающие осадки, умеренная температура) болезнь на поле распространяется очень быстро и в течение 7-10 дней может уничтожить всю ботву картофеля. Чем ближе к поверхности расположены клубни, тем быстрее и сильнее происходит их заражение. На пораженных клубнях появляются бурые твердые пятна. На разрезе таких клубней видно ржавое окрашивание мякоти.

Температура среды является одним из основных факторов, определяющих возможность возникновения заболевания растений и степень его вредоносности. Влияние этого фактора начинает проявляться уже на первых этапах инфекционного процесса, обуславливая жизнеспособность возбудителя болезни и возможность его сохранения к началу вегетационного периода. Сохранение жизнеспособности патогенна в значительной мере зависит от формы его существования в течение периода, когда прекращается вегетация растений. Наименее стойкими к воздействию среды в это время оказываются так называемые пропативные споры. При температуре выше 15 °С значительно снижается активность прорастания зооспор возбудителя фитофтороза картофеля, оптимальной для них является умеренная температура (10-15 °С) в сочетании с повышенной влажностью воздуха [3].

Кратковременное воздействие высоких температур (выше максимальных) конидии могут переносить, не теряя жизнеспособности.

При температурах -1<sup>0</sup> и -2<sup>0</sup>С конидии не прорастают, но и не утрачивают способности прорасти. Конидии погибают при тех же отрицательных температурах, при которых отмирает ботва картофеля.

На развитие болезни в клубнях влияет температура воздуха. Особенно сильно гниют пораженные клубни в первый период хранения, когда температура в хранилищах довольно высокая. При температуре 3-5 °С симптомы болезни на зараженных клубнях проявляются медленно. Уже в декабре на большинстве клубней развивается сухая или мокрая гиль. Гифы внутри клубней сохраняются в течение всего периода хранения.

Влияние на влагосодержание среды на появление и развитие болезни сказывается также на всех этапах патологического процесса. Оно начинает проявляться еще в период формирования заразного начала.

Влагообеспеченность среды в значительной мере определяет продолжительность сохранения жизнеспособности патогенна. Конидии фитофторы картофеля при влажности воздуха порядка 20-40% теряют жизнеспособность через 1-2 часа, при влажности воздуха 50-80% - только через 3-5 часов [3].

Конидии фитофторы особо чувствительны к влажности воздуха. В [3] отмечается быстрая потеря способности к прорастанию у конидий, находившихся в сухом воздухе, а также определяется гибель конидий после 84-часового действия температуры, превышающей 25 °С. Конидии не прорастают после 6-часового пребывания зараженных листьев картофеля в сухом воздухе. При одной и той же температуре жизнеспособность конидий изменяется в зависимости от влажности воздуха. При температуре 20 °С и относительной влажности воздуха 20-40% конидии теряют жизнеспособность через 1-3 часа, а при той же температуре, но при более повышенной относительной влажности воздуха, как 50-80%, жизнеспособность сохранялась 5-15 часов. После 7 часового пребывания во влажном воздухе (меньше 90%) конидии теряли способность прорасти.

Все это свидетельствует о малой вероятности длительного сохранения жизнеспособности у конидий фитофторы, рассеивающихся по воздуху в сухую и жаркую погоду.

**Цель** этой работы – оценить влияние разных сроков возникновения фитофторы на формирование урожая картофеля в Волынской области.

**К задачам** данной работы следует отнести проведение численного эксперимента по оценке влияния разных сроков возникновения фитофторы на формирование урожая картофеля в Волынской области.

**Материалы и методы исследования.** Первую модель для прогноза фитофтороза предложил Вагонер [5, 6]. Модель позволяет определить тенденцию развития этого заболевания в разных погодных условиях.

Хотелось бы подчеркнуть, что при оценке моделей главным фактором является не степень сложности и количество параметров, включенных в рассмотрение, а степень адекватности модели для решения поставленной задачи в конкретных условиях внешней среды. Адекватность несложных моделей во многом зависит от знания автором исследуемого объекта в контексте своей конкретной задачи.

Динамическую модель погода-урожай для картофеля как основа системы картофель-вредитель-болезнь-среда обитания разработали О.К. Устинова, Е.В. Абашина, В.В. Вольвач [1].

Посев в модели рассматривается как функционально дифференцированное целое, в котором выделено пять емкостей: листья, стебли, корни, материнский клубень, клубень нового урожая ( $l, s, r, c, R$ ). Шаг расчетов по времени – сутки. Суточный прирост биомассы каждого органа растения определяется процессами роста  $G_p$ , дыхания  $D_p$ , распада  $q_p$  и отпада отмерших тканей  $P_p$

$$dm_p / dt = G_p - D_p - q_p - P_p, \quad (1)$$

где  $m_p$  – масса  $p$ -го органа, мг/см<sup>2</sup>;  
 $p \in l, s, r, c, R$ .

Под ростом в модели понимается новообразование структурной массы и предполагается, что весь сформировавшийся за сутки фонд углеводов преобразуется в структурную массу в процессе роста.

Для описания дыхания использована двухкомпонентная схема. Принято, что дыхание складывается из дыхания роста, прямо пропорционального скорости роста, и дыхания поддержания, определяемого величиной уже сформированной массы органа, влажностью и температурой среды

$$D_p = R_g G_p + [D_1(1 - \psi_Q) + D_2] m_p \varphi_Q, \quad (2)$$

где  $D_p$  – дыхание  $p$ -го органа, мг/мг·сут;

$R_g$  – коэффициент дыхания роста;

$D_1, D_2$  – коэффициенты дыхания поддержания, мг/мг·сут;

$\psi_Q \varphi_Q$  – влажностная и температурная функции дыхания.

Влияние режима увлажнения на образование новых тканей растения осуществляется через два канала: при недостатке влаги в почве – через устьично-катикулярное сопротивление потоку  $CO_2$ , при избытке – через коэффициент переувлажнения.

Азотный режим влияет на фотосинтез и рост в модели через величину фотохимического сопротивления фотосинтеза.

Следует подчеркнуть, что в этой модели для учета болезней используются фактические данные о проценте повреждений, развитие болезней не моделируется. При наличии повреждений вводятся даты их наступления, количество поврежденных органов и процент повреждений. Таким образом, информация о повреждениях или болезнях, поступающая в модель, влечет за собой изменение масс и площадей органов картофеля. Такая информация может быть получена в результате расчетов по отдельной модели развития болезней.

Ю.А. Моргунов, В.В. Вольвач, О.К. Устинова разработали модель развития фитофторы картофеля [1].

Современная технология возделывания сельскохозяйственных культур предполагает контроль за состоянием посевов и коррекцию агротехнических мероприятий в зависимости от результатов этого контроля. Одна из характеристик состояния посевов – степень развития различных болезней, поражающих растения. В связи с этим представляет интерес проблема моделирования развития наиболее опасной болезни картофеля – фитофтороза.

Состояние посевов определяют следующие характеристики:  $X_p(\tau, t)$  – площадь листовой поверхности, находящейся в  $\tau$ -стадии латентного периода на момент времени  $t$ ; аналогичная величина для инфекционного периода  $x_i(\tau, t)$ ;  $x_*$  – площадь погибшей листовой поверхности. Общая площадь зараженной листовой поверхности равняется

$$X_z = \int_0^1 x_p(\tau, t) d\tau + \int_0^1 x_i(\tau, t) d\tau + x_*, \quad (3)$$

**Результаты исследования и их анализ.** В основу работы положенная нами модель формирования урожая картофеля, которая включает описание влияния разных сроков возникновения фитофторы на формирование урожая картофеля в Волынской области [2, 4].

Рассмотрим динамику площади листьев картофеля в Волынской области при разных сроках возникновения фитофторы. Из рис. 1 видно, что ранний срок возникновения фитофторы для картофеля является самым губительным, так как, фитофтора начинает свое развитие с первой декады вегетации. Максимум площади листьев картофеля при раннем сроке наблюдается в четвертую декаду вегетации и составляет  $1,15 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . При позднем сроке развития фитофторы наблюдается незначительное влияние на площадь листьев картофеля, так как, при позднем сроке фитофтора начинает свое развитие с седьмой декады вегетации. Максимум площади листьев при позднем сроке развития фитофторы наблюдается в шестую декаду вегетации и составляет  $4,18 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

Таблица 1 - Появление и влияние раннего срока возникновения фитофторы на фотосинтез и дыхание

Декады вегетации	Признак появления фитофторы	Наличие фитофторы	Степень развития фитофторы	Функция влияния развития фитофторы на	
				Фотосинтез	Дыхание
1	1,000	1,000	0,015	0,985	1,015
2	1,000	1,000	0,015	0,970	1,030
3	1,000	1,000	0,015	0,955	1,045
4	0	1,000	0,055	0,900	1,100
5	0	1,000	0,055	0,845	1,155
6	0	1,000	0,055	0,790	1,210
7	0	1,000	0	0,790	1,210
8	0	1,000	0	0,790	1,210
9	0	1,000	0	0,790	1,210

Представляет интерес влияние разных сроков возникновения фитофторы на формирование клубней картофеля. На рис. 2 представлена эта зависимость при разных сроках развития фитофторы. При раннем сроке возникновения фитофторы биомасса клубней картофеля незначительно набирает вес и составляет  $347,818 \text{ г}/\text{м}^2$ , тогда как при позднем сроке возникновения фитофторы биомасса клубней картофеля увеличивается и составляет  $822,199 \text{ г}/\text{м}^2$ .

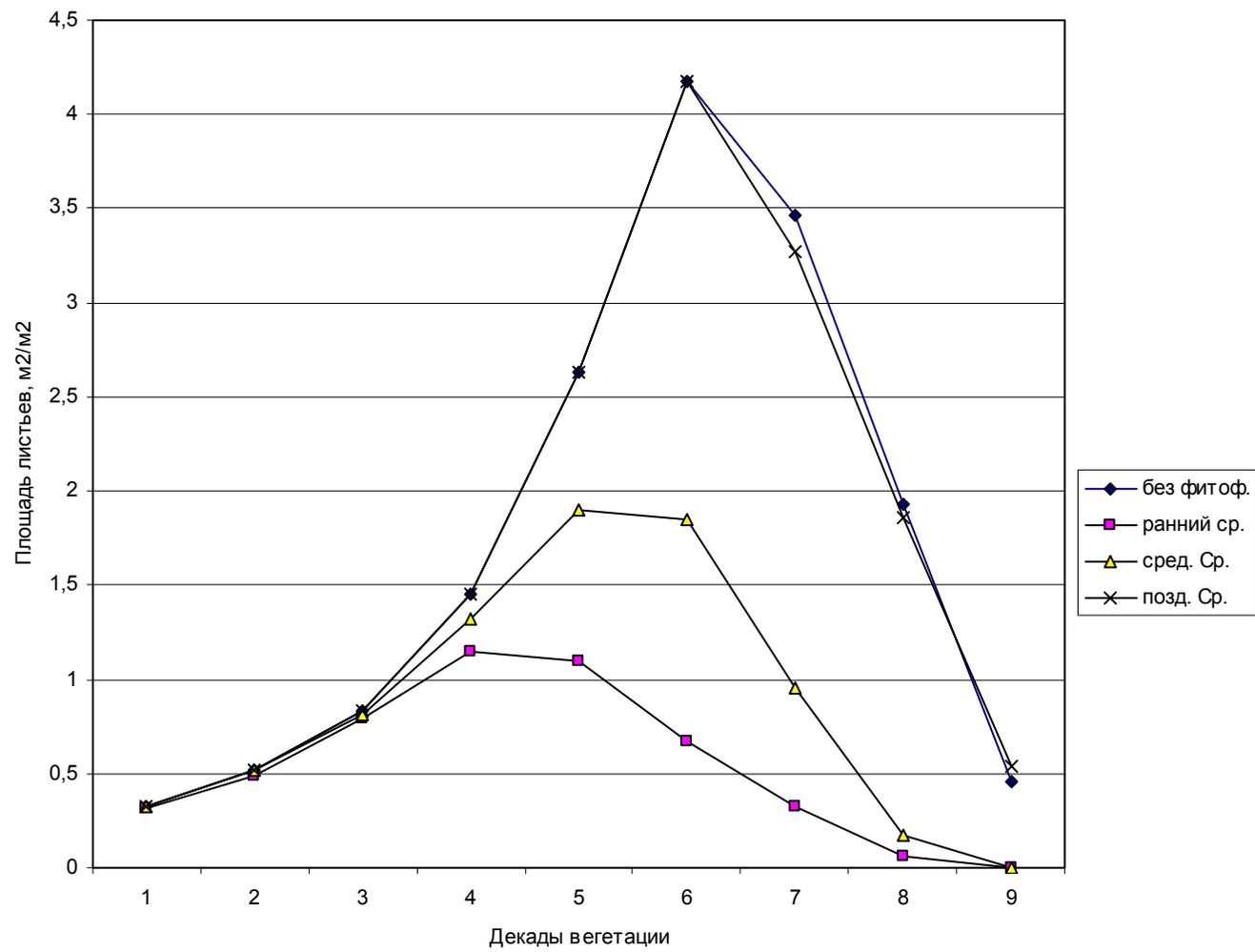


Рис. 1 - Динамика площади листьев картофеля в Волынской области при разных сроках возникновения фитопфотры

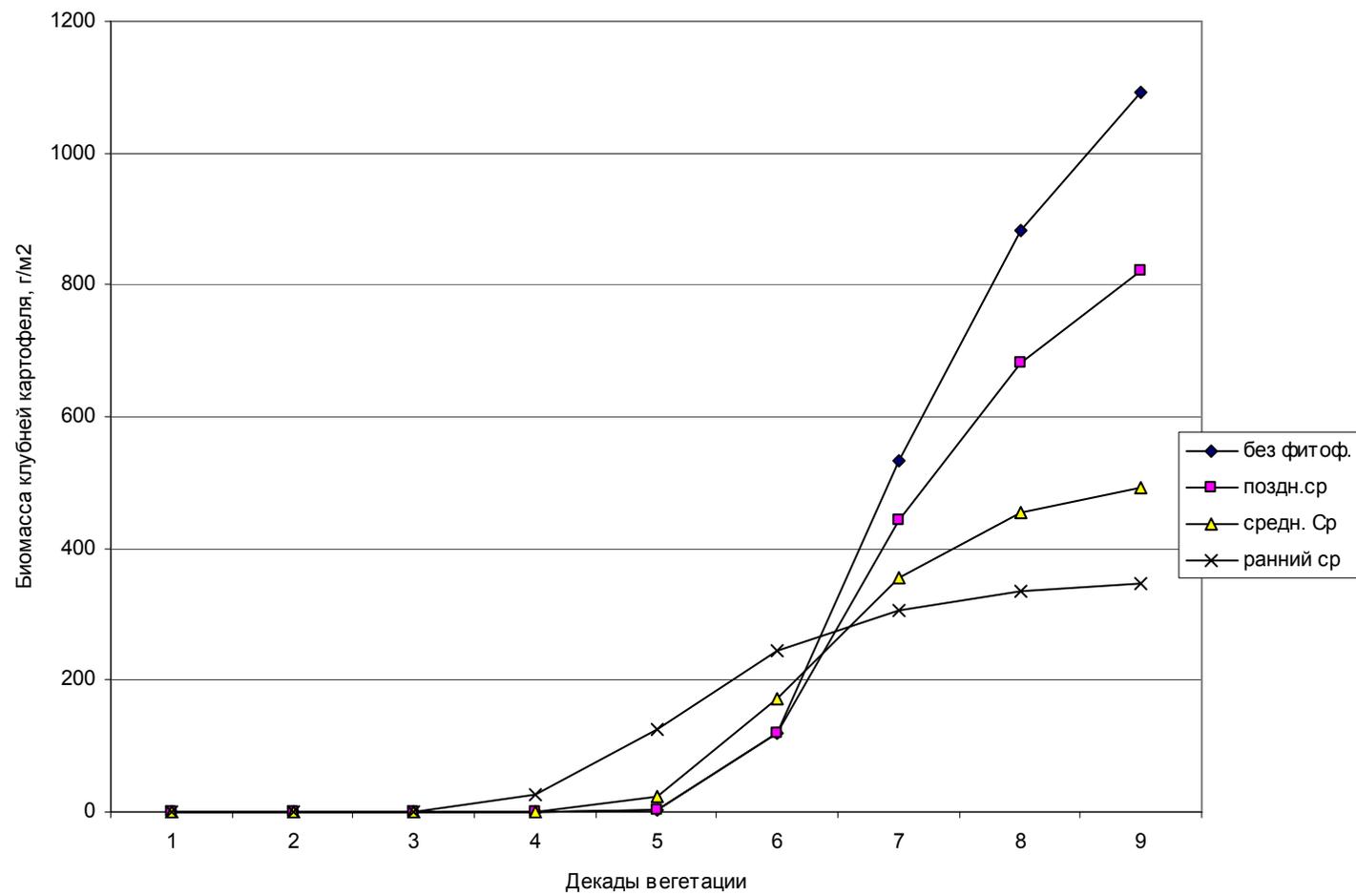


Рис. 2 - Биомасса клубней картофеля при разных сроках возникновения фитофторы в Волынской области

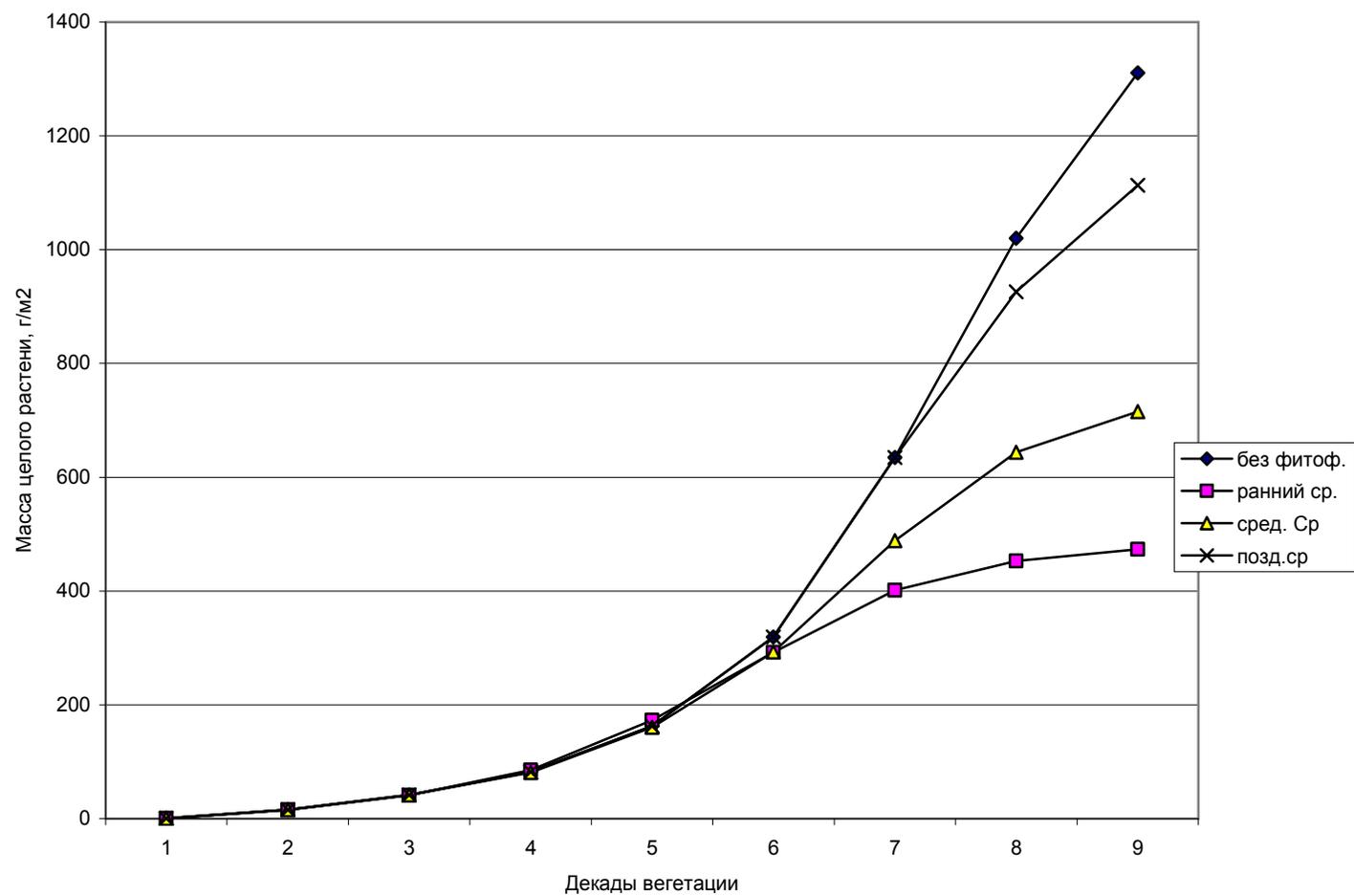


Рис. 3 - Масса целого растения картофеля при разных сроках возникновения фитофторы в Волынской области

При отсутствии заболевания биомасса клубней картофеля доходит до 1092,574 г/м<sup>2</sup>. Можно сделать вывод о том, что средний и поздний сроки возникновения фитофторы не так губительны для клубней картофеля как ранний срок.

Выполненная нами количественная оценка появления и влияния раннего срока возникновения фитофторы на фотосинтез и дыхание приведена в табл.1. Как видно из табл. 1, фитофтора появляется на картофеле уже с первой декады вегетации и длится заболевание до конца вегетации. В результате выполненного численного эксперимента удалось определить степень развития фитофторы, из табл.1. видно, что в начале вегетации степень развития фитофторы составляет 15%, а к концу вегетации степень развития фитофторы увеличивается и составляет 55%. В табл. 1. представлена функция влияния развития фитофторы на фотосинтез и дыхание.

В результате болезни картофеля фотосинтез снижается. Фитофтора оказывает большое влияние на дыхание растений картофеля, из табл.1. видно, что функция дыхания увеличивается, т.е. дыхание затруднено.

На рис.3 представлена масса целого растения картофеля при разных сроках возникновения фитофторы в Волынской области. Из рис. 3 видно, что максимальная масса целого растения картофеля при отсутствии заболевания составляет 1310,981 г/м<sup>2</sup>. При раннем сроке возникновения фитофторы масса целого растения картофеля значительно снижается, что приводит к потере массы почти на 800 г/м<sup>2</sup> и масса целого растения при раннем сроке возникновения фитофторы составляет 473,099 г/м<sup>2</sup>. Средний и поздний сроки возникновения фитофторы также влияют на массу целого растения картофеля, но не так значительно, как первый ранний срок возникновения фитофторы.

**Выводы.** В численных экспериментах с помощью расчетов по модели выполнена оценка влияния разных сроков возникновения фитофторы в Волынской области на формирование урожая картофеля. Оценено влияние раннего, среднего и позднего сроков возникновения фитофторы на формирование урожая в Волынской области. Таким образом, нами получен комплекс количественных показателей, характеризующих влияние агрометеорологических условий на формирование фитофторы.

### Список литературы

1. Математическое моделирование в агрометеорологии // Труды ВНИИСХМ. -1990. – Вып. 26. 77 с.
2. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. –Л.: Гидрометеиздат, 1988. -186 с.
3. Руденко А.И., Белозор Н.И. Влияние климата на распространение колорадского жука, рака и фитофторы картофеля // Прогноз в защите растений от вредителей и болезней. – Рига, 1964. –с.35-64.
4. Свидерская С.М. Оценка влияния агрометеорологических условий на развитие колорадского жука с помощью модели экологических взаимодействий в системе «среда – инфекция – вредитель - растение» // Метеорология, климатология и гидрология. -2001. -№43. –с.116-127.
5. Waggoner P. Weather and the rise and fall of fungi. //Biometeorology. –Ed. W.P.Lowry. Oregon State University Press, 1968.
6. Waggoner P.E. Defoliation, disease and growth // Theoretical production ecology hindsight and perspectives. – Wageningen Agricultural University, Department of theoretical Production Ecology. -1989. – P. 14-15.

**Оцінка впливу різних термінів виникнення фітофтори на формування врожаю картоплі у Волинській області. Свидерська С.М., Мірошніков А.М.**

*Викладаються результати чисельних експериментів з моделлю по оцінці впливу різних термінів виникнення фітофтори на формування врожаю картоплі.*

**Ключові слова:** *фітофтора, модель, картопля, термін, хвороба, опади, температура повітря, розвиток.*

**Estimation of influencing of different terms of the phytothora origin on forming of harvest of potato in Volinskoy region. Sviderskaya S.M., Miroshnikov A.M.**

*The results of numeral experiments with a model as evaluated by influence of different terms of origin of phytothora on forming of harvest of potato are expounded.*

**Key words:** *phytothora, model, potato, term, illness, sinking, temperature of air, development.*