

ционное осаждение вещества из атмосферы; $C_{N, \text{возд}}$ – содержание веществ в воздушной среде; $C_{\text{фон, пост}}$ – фоновое поступление загрязняющих веществ в почву.

Вывод веществ из почвы обусловлен следующими процессами: вымыванием веществ из почвы, испарением, «фоновым выводом» веществ. Фоновый вывод веществ включает вегетационную составляющую и другие неучтенные процессы. Математически процесс вывода веществ из почвы можно описать в следующем виде:

$$\frac{dC_{N, \text{вывод}}}{dt} = -(\alpha_{\text{вымыв}}(C_N - C_{N, \text{ос}}) + \alpha_{\text{исп}}(C_N - C_{N, \text{возд}}) + C_{\text{фон, вывод}}), \quad (2)$$

где $C_{N, \text{вывод}}$ – концентрация выведенного загрязняющего вещества из почвы; $\alpha_{\text{вымыв}}$ – коэффициент вымывания, учитывающий годовое выпадение осадков и испарение; C_N – концентрация вещества в почве; $\alpha_{\text{исп}}$ – коэффициент испарения, учитывающий среднегодовые темпы испарения веществ; $C_{\text{фон, вывод}}$ – фоновый вывод загрязняющих веществ из почвы.

Общее изменение концентрации загрязняющих веществ в почве можно определить как разность поступления загрязняющих веществ и их вывода из почвы:

$$\frac{dC_N}{dt} = \alpha_{\text{ос}} C_{N, \text{ос}} + \alpha_{\text{грав}} C_{N, \text{возд}} + C_{\text{фон, пост}} - \alpha_{\text{вымыв}}(C_{N, \text{ос}} - C_N) + \alpha_{\text{исп}}(C_N - C_{N, \text{возд}}) + C_{\text{фон, вывод}}. \quad (3)$$

Сгруппировав соответствующие значения концентраций, уравнение можно переписать в следующем виде:

$$\frac{dC_N}{dt} = \alpha_N C_N + \alpha_{\text{ос}} C_{N, \text{ос}} + \alpha_{\text{возд}} C_{N, \text{возд}} + C_{\text{фон}}, \quad (4)$$

где α_N , $\alpha_{\text{ос}}$, $\alpha_{\text{возд}}$, $C_{\text{фон}}$ – обобщенные коэффициенты, отвечающие за влияние на изменение загрязняющих веществ в почве начальной концентрации веществ, концентрации веществ в осадках, в воздухе и влияния фоновых процессов соответственно.

Последнее уравнение является линейным дифференциальным уравнением первого порядка, решение которого имеет вид:

$$C_N(t) = C[1]e^{t \cdot \alpha_N} - \frac{\alpha_{\text{ос}} C_{N, \text{ос}} + \alpha_{\text{возд}} C_{N, \text{возд}} + C_{\text{фон}}}{\alpha_N} = C[1]e^{t \cdot \alpha_N} + \alpha_{\text{ос}}^* C_{N, \text{ос}} + \alpha_{\text{возд}}^* C_{N, \text{возд}} + C_{\text{фон}}^*, \quad (5)$$

где C_N – концентрация вещества в почве в момент времени t ; $C[1]$ – коэффициент, зависящий от граничных условий.

Полученное уравнение позволяет установить зависимость накопления загрязняющего вещества в почве от времени и концентрации вещества в воздухе, а также найти фоновое значение изменения загрязняющего вещества в экосистеме.

Для расчета всех коэффициентов в уравнении потребуются данные минимум за 5 лет, поскольку в уравнении содержится 5 неизвестных коэффициентов.

В опубликованных на сайте <http://www.ecoinfo.by> материалах доступны данные мониторингов начиная с 2006 г., что позволяет делать прогноз накопления загрязняющих веществ в почве с использованием предлагаемой модели.

РАСЧЕТ НАКОПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕ CALCULATIONS OF POLLUTANTS ACCUMULATION IN SOIL

В. А. Иванюкович, Р. М. Невар
U. Ivaniukovich, R. Nevar

Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
Минск, Республика Беларусь
u.ivaniukovich@gmail.com
Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus

Проведены расчеты временной зависимости накопления нитратов в почвах при различных уровнях атмосферных осадков. Расчеты основаны на эмпирических данных экологического мониторинга.

Calculations of time dependence of nitrate accumulation in soils for different levels of atmospheric precipitations were carried out. Calculations are based on empirical data of the ecological monitoring.

Ключевые слова: накопление, оксид азота, прогнозирование, почва, атмосферные осадки.

Keywords: accumulation, nitrates, forecasting, soils, atmospheric precipitates.

В процессе решения проблемы расчета критических нагрузок загрязняющих веществ на экосистемы в Беларуси была предложена математическая модель накопления поллютантов в почве в зависимости от времени и внешних факторов: содержание загрязняющих веществ в осадках, в окружающем воздухе и влияние фоновых процессов. Согласно модели, изменение концентрации вещества в почве $C(t)$ в момент времени t описывается уравнением:

$$C(t) = C[1]e^{t \cdot \alpha_N} + \alpha_{oc} C_{N,oc} + \alpha_{возд} C_{N,возд} + C_{фон}, \quad (1)$$

де $C_{N,oc}$ – концентрация веществ в осадках; $C_{N,возд}$ – концентрация веществ в воздухе; $C_{фон}$ – изменение концентрации за счет фоновых процессов, $C[1]$ – коэффициент, зависящий от граничных условий; α_N , α_{oc} , $\alpha_{возд}$ – обобщенные коэффициенты, отвечающие за влияние на изменение начальной концентрации загрязняющих веществ в почве и влияния концентрации вещества в осадках и в воздухе соответственно.

В качестве исследуемого объекта были использованы результаты наблюдений на станции мониторинга Высокое (Каменецкий р-н, Брестская обл.). В качестве исследуемого загрязняющего вещества был выбран оксид азота NO_3 . В связи с тем, что содержание оксида азота в атмосфере не измеряется, было принято допущение, что гравитационное выпадение будет учитываться в фоновом процессе:

$$C(t) = C[1]e^{t \cdot \alpha_N} + \alpha_{oc} C_{N,oc} + C_{фон}^*. \quad (2)$$

При расчете коэффициентов следует учесть тот факт, что каждый год меняются граничные условия, то есть коэффициент $C[1]$ зависит от года наблюдений. В дальнейшем коэффициент будем обозначать в соответствии с исследуемым годом.

В расчетах можно от него избавиться следующим образом. Запишем уравнения для начала года (для удобства время будем измерять в годах):

$$C(T) = C[T]e^{T \cdot \alpha_N} + \alpha_{oc} C_{N,oc}(T) + C_{фон}^*, \quad (3)$$

и для конца года:

$$C(T+1) = C[T]e^{(T+1) \cdot \alpha_N} + \alpha_{oc} C_{N,oc}(T+1) + C_{фон}^*, \quad (4)$$

где индекс T соответствует рассматриваемому году.

Если выразить $C[T]$ из первого и второго уравнения, то можно их приравнять, избавившись тем самым от параметра, связанного с граничными условиями:

$$\frac{\alpha_{oc} C_{N,oc}(T) + C_{фон}^* - C(T)}{e^{T \cdot \alpha_N}} = \frac{\alpha_{oc} C_{N,oc}(T+1) + C_{фон}^* - C(T+1)}{e^{(T+1) \cdot \alpha_N}}. \quad (5)$$

Это позволяет избавиться от коэффициента, расчет которого для прошлых лет нам не важен. Он нужен для отсчетного года и будет вычислен исходя из граничных условий. Таким образом, можно рассчитать необходимые коэффициенты для выбранного промежутка времени.

Нами были взяты данные наблюдений станции мониторинга Высокое по содержанию загрязняющих веществ в почве (таблица).

Таблица – Содержание загрязняющего вещества в почве

Год	Содержание NO_3 в почве, мг/кг	Содержание NO_3 в осадках, мг/л
2012	17,7	1,45
2013	18,4	0,93
2014	16,5	1,76
2015	19,2	1,65

Используя приведенные данные, были рассчитаны коэффициенты

$$\alpha = -0.346; \alpha_{возд} = -0.984; C_{фон} = -19.54.$$

Вычисления проводились в программном пакете Mathematica.

Далее был определен коэффициент, зависящий от граничных условий в 2015 году: $C[2015] = 3.58 \times 10^{303}$.

В результате был сделан прогноз накопления оксида азота в почве в зависимости от его концентрации в осадках в период до 2025 года (рисунок).

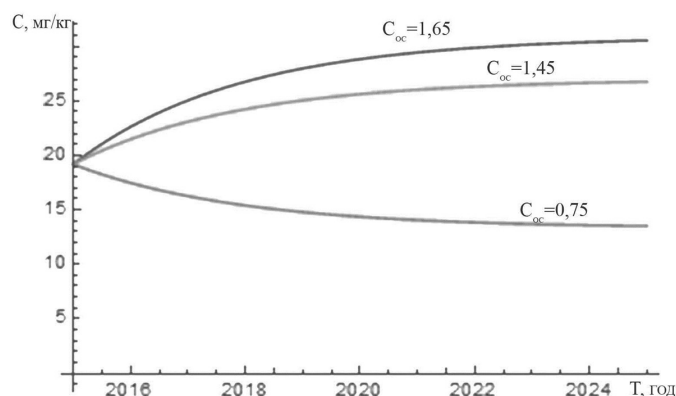


Рисунок – Прогноз накопления оксида азота до 2015 г.

Все графики с течением времени выходят на уровень насыщения, который соответствует состоянию равновесия в системе при неизменных концентрациях вещества в осадках.

Результаты моделирования показывают, что экосистема является чувствительной к концентрации поллютанта в осадках. Причем при неизменных параметрах система достаточно быстро стремится к стационарному состоянию. В нашем случае стационарное состояние наступает приблизительно через 10 лет.

Таким образом, предложенная модель позволяет прогнозировать содержание загрязняющих веществ в почвах Беларуси. Полученные сведения могут быть использованы для оценки критических нагрузок на экосистему при планировании хозяйственной деятельности в регионе, сопровождающейся техногенным загрязнением окружающей среды.

СПЕЦИФИКАЦИЯ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ SPECIFICATIONS FOR MEDICAL INFORMATION SYSTEMS

***В. А. Иванюкович, И. М. Нестерович
U. Ivaniukovich, I. Nesterovich***

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
Минск, Республика Беларусь
u.ivaniukovich@gmail.com
Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

Представлены сведения о назначении и структуре нового стандарта обмена медицинскими данными Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR), разработанном организацией HL7.

The report presents information on the appointment and structure of the new medical data exchange standard, Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR), developed by HL7 organization.

Ключевые слова: медицинские информационные системы, медицинские данные, обмен данными, ресурсы, стандарт.

Keywords: medical information systems, medical data, data exchange, resources, standard.

Интенсивная информатизация здравоохранения обострила потребность в стандартизации разработок программных продуктов медицинского назначения – медицинских карт пациентов, обмен данными о пациентах между учреждениями здравоохранения, поддержки принятия решений при диагностике и терапии, систем обработки клинических данных, фармакологии (в том числе и системы электронных рецептов), компьютерного управления медицинской техникой и многих других.

Организация HL7 International (<http://www.hl7.org>) около 30 лет занимается разработкой, развитием и продвижением стандартов обмена медицинской информацией. Разработанный ею стандарт FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) – это новая спецификация от HL7, основанная на новейших подходах в отрасли электронного здравоохранения и учитывающая весь накопленный опыт определения и реализации стандартов предыдущих поколений, таких как HL7 v.2, HL7 v.3, CDA и RIM. FHIR может использоваться как отдельный стандарт обмена данными или совместно с другими существующими отраслевыми стандартами (см. <http://www.hl7.org/fhir/?ref=learnmore>).

Соответствие новых разработок программных продуктов стандарту FHIR упрощает их реализацию и обеспечивает сохранение целостности данных в процессе их обмена. FHIR использует существующие логические и теоретические модели для обеспечения непротиворечивого, легко реализуемого и строгого механизма обмена данными между медицинскими приложениями. FHIR имеет встроенные механизмы контроля соответствия эталонной информационной модели (HL7 RIM) и другим моделям содержимого (content model), что гарантирует соответствие FHIR раннее определенным шаблонам и моделям, лучшим практикам реализации стандартов, но в то же время освобождает разработчика от необходимости детального понимания стандарта HL7 v.3 и эталонной информационной модели (RIM).

Основная идея FHIR – создать базовый набор ресурсов, которые по отдельности или в комбинации смогут удовлетворить большинство потребностей.

Реализации FHIR строятся на основе набора модульных компонентов, называемых ресурсами. Ресурсы FHIR могут быть собраны в функционирующие системы, способные решать реальные медицинские и административные задачи при расходах в несколько раз меньших, чем при использовании альтернативных технологий. В стандарте FHIR предусмотрены ресурсы для поддержки административных концептов (пациентов, поставщиков, организаций, медицинских устройств) и целого спектра клинических концептов (медицинских проблем,