

УДК 911.6:911.373

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗОНИРОВАНИИ СЕЛЬСКО-ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЧВ

¹Федоров В.И., ¹Иващук О.Д., ²Долинский А.А.

¹ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Белгород, e-mail: fedorov_v@bsu.edu.ru;

²ООО «Интерактивные технологии и системы», Москва

В последние десятилетия в России наметились тенденции роста объемов индивидуального жилищного строительства, оттока городского населения в пригороды для проживания и ведения с целью самообеспечения аграрной и животноводческой деятельности в личном подсобном хозяйстве. В результате в городских агломерациях появляются социально-территориальные образования, характеризующиеся интеграцией городских и сельских форм жизнедеятельности – так называемые сельско-городские территории. С другой стороны – в рамках развития городской инфраструктуры происходит перемещение в пригороды складских, торговых площадок, мест захоронения отходов, промышленных и транспортных объектов, дорог – функционально ориентированных на город и негативно влияющих на окружающую среду. В результате возникают проблемы с зонированием конкретной территории. В данной статье рассматривается разработка и исследования методов поддержки принятия решений при градостроительном зонировании планируемых или существующих сельско-городских территорий с использованием оценок качества их почв. Разработан метод и реализующий его алгоритм комплексной оценки состояния почв сельско-городских территорий на основе аппарата нечеткой логики, учитывающий ключевые особенности данных территорий. Проведена классификация возможных управленческих решений в зависимости от результата комплексной оценки качества почв сельско-городских территорий и значений промежуточных комплексных оценок. Предложен метод и реализующий его алгоритм для формирования рациональных решений по градостроительному зонированию и/или природоохранных мероприятий на основе проведения комплексной оценки состояния почв с использованием продукционной модели представления знаний.

Ключевые слова: сельско-городские территории, комплексная оценка, нечеткая логика, логический вывод, оценка почв

DEVELOPMENT OF DECISION SUPPORT METHODS FOR URBAN DEVELOPMENT ZONING OF RURAL AND URBAN TERRITORIES USING SOIL QUALITY ASSESSMENT

¹Fedorov V.I., ¹Ivaschuk O.D., ²Dolinskiy A.A.

¹Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«Belgorod National Research University», Belgorod, e-mail: fedorov_v@bsu.edu.ru;

²ООО «Interactive technologies and systems», Moscow

In recent decades, trends of growth in the volume of individual housing construction, outflow of the urban population to the suburbs for living and maintaining in order to self-provide agricultural and livestock activities in their personal subsidiary farms have been outlined in Russia. Because of urban agglomerations, social-territorial formations appear, characterized by the integration of urban and rural forms of life activity – the so-called rural-urban territories. On the other hand, as part of the development of urban infrastructure, relocation to the suburbs of warehouses, marketplaces, waste disposal sites, industrial and transport facilities, and roads – functionally oriented to the city and negatively affecting the environment – takes place. As a result, there are problems with the zoning of a specific territory. This article discusses the development and research of decision support methods for urban zoning of planned or existing rural-urban areas using their soil quality assessments. A method and an algorithm for the integrated assessment of the state of the soil in rural-urban areas based on a fuzzy logic apparatus, taking into account the key features of these territories, have been developed. A classification of possible management decisions was carried out depending on the result of a comprehensive assessment of the soil quality of rural-urban areas and the values of intermediate comprehensive assessments. A method and an algorithm that implements it is proposed for the formation of rational decisions on urban zoning and/or environmental measures based on a comprehensive assessment of the soil condition using a production model of knowledge representation.

Keywords: rural-urban areas, integrated assessment, fuzzy logic, logical inference, soil assessment

На сегодняшний день планирование, застройка и развитие жилых территорий становится одним из важнейших направлений экономики регионов России. Следует особенно выделить индивидуальное жилищное строительство (ИЖС) – по данным Росстата, площадь ежегодно вводимого в эксплуатацию индивидуального жилья, за последние 15 лет, увеличилась более чем в полтора раза (с 13 до 34 млн м²) [1]. Данные тенден-

ции привели к тому, что в рамках городских агломераций появились социально-территориальные образования, характеризующиеся интеграцией городских и сельских форм жизнедеятельности – так называемые сельско-городские территории (СГТ) [2, 3]. С другой стороны – в рамках развития городской инфраструктуры происходит перемещение в пригороды складских, торговых площадок, мест захоронения отходов, промышленных

и транспортных объектов, дорог – функционально ориентированных на город и негативно влияющих на окружающую среду. В результате возникают проблемы с зонированием конкретной территории. Понимая зонирование как классификацию территорий по видам и жесткости ограничений, накладываемых на использование имущества (земли, сооружений и пр.), следует отметить, что реальное состояние территории в случае недостаточно продуманных, ошибочных проектных и эксплуатационных решений перестает соответствовать декларируемому статусу [4, 5]. Сохранение прежнего статуса грозит неблагоприятными последствиями для здоровья населения и экономики личного хозяйства. В этом случае необходимы обоснованные управляющие решения для проведения природоохранных мероприятий либо изменения типа зонирования.

Следует отметить некоторые ключевые особенности СГТ: ведение населением личного подсобного хозяйства и, как следствие, особое значение качества почв на данных территориях.

Таким образом, становится актуальной задача разработки и исследования инструментов для аналитического решения задач планирования градостроительства СГТ и оценки принимаемых решений с точки зрения экологической безопасности и учета их ключевых особенностей.

Цель исследования: совершенствование процесса градостроительного зонирования СГТ за счет разработки методов поддержки принятия решений на основе комплексной оценки состояния почв.

Материалы и методы исследования

В связи с тем, что задачи поддержки принятия решений при градостроительном зонировании СГТ являются сложно формализуемыми, применение классических методов моделирования затруднительно, поэтому в данном исследовании авторами предлагается разработка метода комплексной оценки состояния почв СГТ на основе аппарата нечеткой логики. Данный метод учитывает ключевые особенности СГТ и позволяет определить возможность их использования как для проживания людей, так и с точки зрения влияния на результат ведения ЛПХ. При этом состояние почв на исследуемой территории представим в виде лингвистической переменной [6, 7]: $\{SoilSt, T, SS, G, H\}$, где $SoilSt$ – название лингвистической переменной, T – базовое термножество, SS – множество количествен-

ных значений для определения значения T ; G – набор синтаксических правил для формирования новых значений $SoilSt$; H – множество функций принадлежности.

Переменная $SoilSt$ является составной: $SoilSt = (SoilSt_3, SoilSt_{cx})$, где $SoilSt_3$ характеризует состояние почв с точки зрения влияния на здоровье населения; $SoilSt_{cx}$ – возможности ведения ЛПХ, при этом $SoilSt_3 = (SoilSt_{31}, SoilSt_{32}, SoilSt_{33}, \dots, SoilSt_{3j}, \dots, SoilSt_{3m})$, $j = \overline{1, J}$, $SoilSt_{cx} = (SoilSt_{cx1}, SoilSt_{cx2}, SoilSt_{cx3}, \dots, SoilSt_{cxi}, \dots, SoilSt_{cxI})$, $i = \overline{1, I}$, где $SoilSt_{3j}$, $SoilSt_{cxi}$ – результаты промежуточной оценки по концентрации конкретного загрязняющего вещества.

Термы для оценки почв с точки зрения неблагоприятного влияния на здоровье населения: $T_3 = \{T_{31}, T_{32}, T_{33}, T_{34}, T_{35}\}$, где T_{31} = «благоприятное», T_{32} = «допустимое», T_{33} = «умеренно опасное», T_{34} = «опасное», T_{35} = «чрезвычайно опасное». Термы для оценки влияния состояния почв на результаты ведения ЛПХ [8–11]: $T_{cx} = \{T_{cx1}, T_{cx2}, T_{cx3}, T_{cx4}, T_{cx5}\}$, где T_{cx1} = «благоприятное», T_{cx2} = «допустимое», T_{cx3} = «умеренно опасное», T_{cx4} = «опасное», T_{cx5} = «чрезвычайно опасное».

Термы для комплексной оценки состояния почв, которая используется для принятия управленческих решений по градостроительному зонированию СГТ [8–10]: $T = \{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5\}$, где T_1 = «благоприятное», T_2 = «допустимое», T_3 = «проживание ограничено», T_4 = «ведение ЛПХ ограничено», T_5 = «чрезвычайно опасное».

Для реализации процесса нечеткого вывода авторами, на основании мнений экспертов и значений предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ были построены логические правила и соответствующие функции принадлежности [11]. На рис. 1 представлен алгоритм, реализующий данный метод.

На базе вышеописанного метода оценки почв СГТ, авторами был предложен метод формированию решений по градостроительному зонированию СГТ. На первом этапе разработки данного метода была проведена группировка возможных решений по градостроительному зонированию и возможных природоохранных мероприятий (на основе СанПиН 2.1.7.1287-03) [9–11] которые будут приниматься при различных значениях промежуточных и результирующих оценок. Для хранения и использования данных взаимосвязей предлагается использование продукционной модели представления знаний.

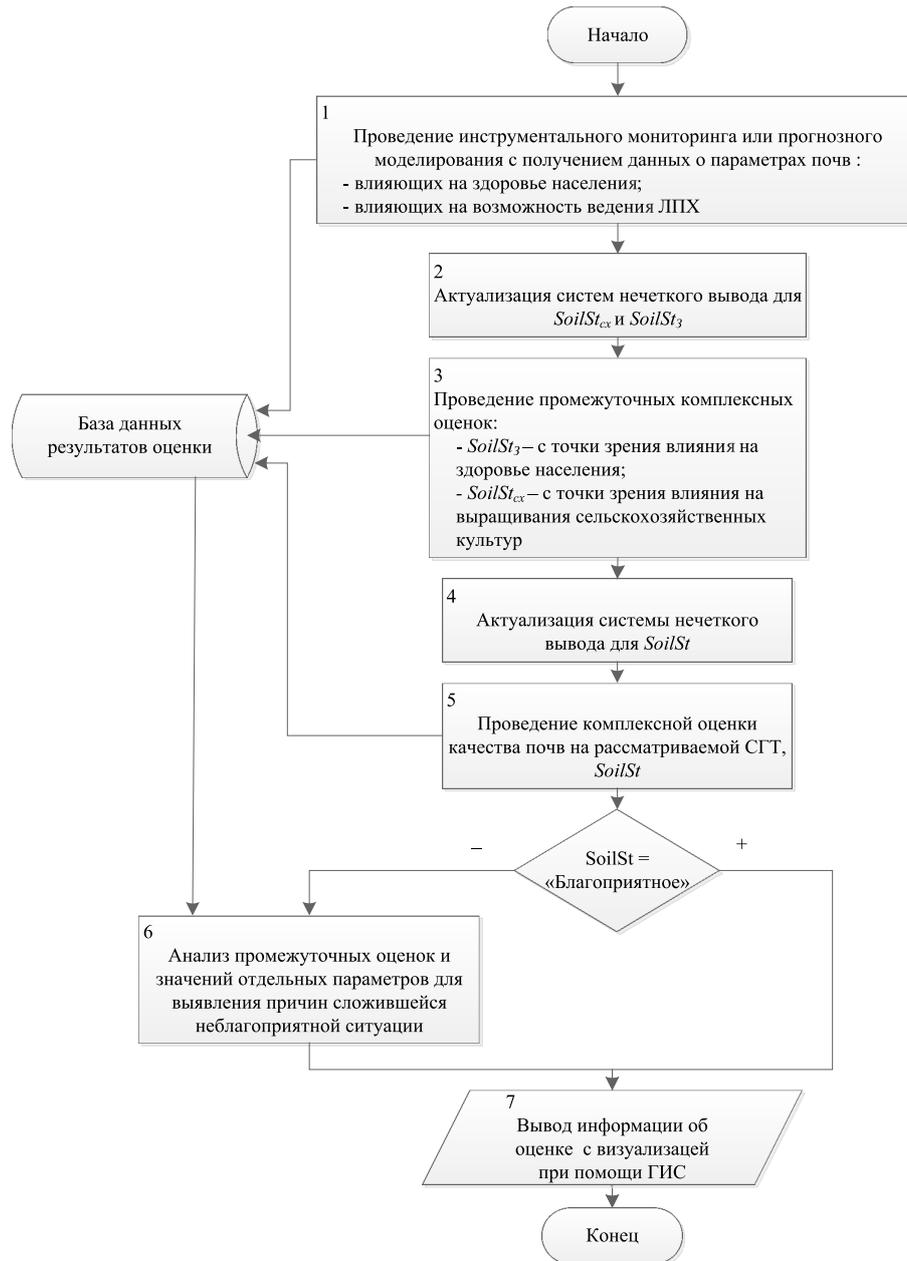


Рис. 1. Алгоритм комплексной оценки состояния почв СГТ

Множество возможных управленческих решений по зонированию СГТ и природоохранных мероприятий представим как $E = \{e_1, e_2, \dots, e_{s-1}, e_s\}$, множество переменных, описывающих возможные промежуточные и результирующие оценки состояния почв СГТ: $C = \{c_1, c_2, \dots, c_{n-1}, c_n\}$, множества значений которых может принимать каждая оценок из C :

$$R_1 = \{r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1j-1}, r_{1j}\},$$

$$R_2 = \{r_{21}, r_{22}, \dots, r_{2k-1}, r_{2k}\}, \dots,$$

$$R_{n-1} = \{r_{n-11}, r_{n-12}, \dots, r_{n-1m-1}, r_{n-1m}\},$$

$$R_n = \{r_{n1}, r_{n2}, \dots, r_{ni-1}, r_{ni}\}.$$

Тогда продукции вывода конкретных управленческих решений по зонированию СГТ имеют вид

$$p = \langle S; c_n = r_{ni} \rightarrow e_s; Q \rangle,$$

где p – имя продукции, S – описание класса ситуаций, в которых срабатывает продукция; $c_n = r_{ni} \rightarrow e_s$ – ядро продукции (при значении параметра состояния почв $r_{ni} \in R$, конкретные управленческие решения по

градостроительному зонированию – $e_s \in E$). На рис. 2 показан алгоритм, реализующий представленный метод формирования управленческих решений по градостроительному зонированию СГТ, базирующийся на комплексной оценке почв СГТ (рис. 1).

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках исследования авторами было разработано программное обеспечение, реализующее представленные методы поддержки принятия решений по градостроительному зонированию СГТ. Проведены исследования по оценке почв на конкретных СГТ Белгородской агломерации застроенных и планируемых под застройку; сформированы конкретные управленческие решения по градостроительному зонированию и природоохранные мероприятия.

На рис. 3 продемонстрированы результаты функционирования программного обеспечения при оценке почв СГТ в непосредственной близости от промышленных предприятий (ОАО «Белгородасбестоцемент», ЗАО «Белгородский цемент», ООО «ЦИТРОБЕЛ»). Результат комплексной оценки составил – 3 («опасное») и показывает, что население, проживающее на данной территории, подвержено негативному воздействию на здоровье и может использоваться только для выращивания технических культур. Были выработаны следующие управленческие решения: высадка лесозащитных полос; контроль за содержанием загрязняющих веществ в атмосфере и в воде; снижение их доступности для растений (известкование, внесение органических удобрений и т.п.); снижение мощности воздействия ближайших производств.



Рис. 2. Алгоритм формирования решений по градостроительному зонированию СГТ

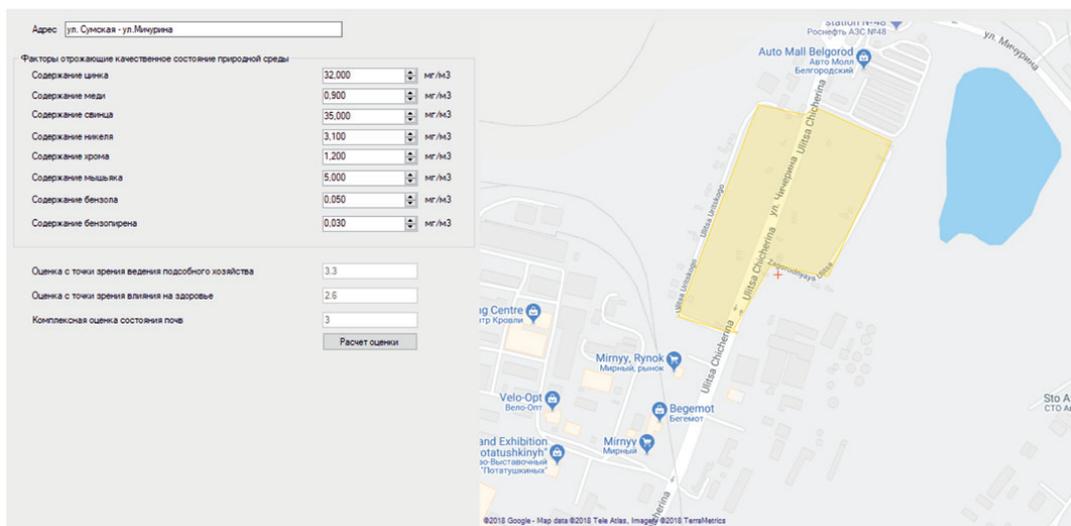


Рис. 3. Комплексная оценка почв СГТ в зоне влияния промышленных объектов

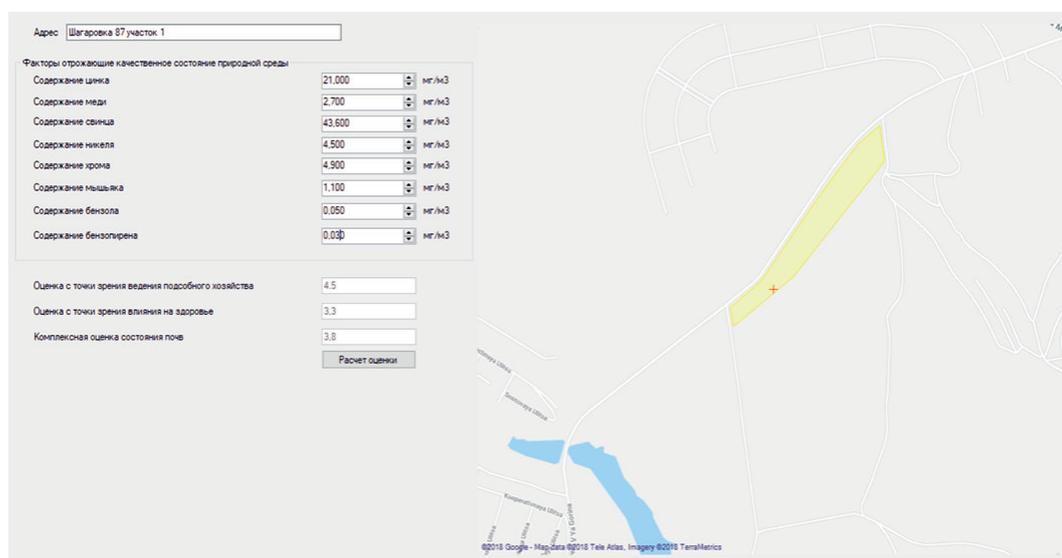


Рис. 4. Результаты прогнозной оценки состояния почв на участке микрорайона ИЖС Шагаровка 87

На рис. 4 представлен результат функционирования программного обеспечения для прогнозирования состояния почв на СГТ микрорайона Шагаровка 87.

Результаты исследования показали, что содержание загрязняющих веществ в почвах данных территорий будет увеличиваться на протяжении 36 при использовании прилегающей автодороги. Результат комплексной оценки составил для данной территории – 3,8 («проживание ограничено»). Выработанное управленческое решение – определение данной территории в карте градостроительного зонирования в качестве санитарно-защитной зоны.

Выводы

В рамках проведенных исследований авторами были получены следующие результаты:

– Разработан метод и реализующий его алгоритм комплексной оценки состояния почв как застроенных, так и планируемых под застройку СГТ, базирующийся на аппарате нечеткой логики и ГИС-технологий. Метод, на основе значений концентраций загрязняющих веществ в почве, позволяет получить научно обоснованную оценку возможности использования исследуемой территории точки зрения влияния как на здо-

ровье проживающего населения, так и на результаты ведения ЛПХ.

– Разработан метод формирования и оценки различных альтернативных решений по градостроительному зонированию СГТ на основе комплексной оценки состояния почв и использованием продукционной модели представления знаний. Использование данного метода как инструмента при планировании, развитии и застройке СГТ позволит получать оперативные, научно обоснованные изменения в картах градостроительного зонирования.

– Разработано программное обеспечение, реализующее представленные методы поддержки принятия решений по градостроительному зонированию СГТ. С помощью данного программного обеспечения были проведены исследования различных СГТ Белгородской агломерации и получены конкретные управленческие решения по изменению их зонирования с целью создания благоприятной экологической обстановки и комфортных условий для проживающего населения.

Список литературы / References

1. О жилищном строительстве в 2015 г. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/bgd/free/b04_03/IssWWW.exe/Stg/d01/21.htm (дата обращения: 20.06.2019).
2. Иващук О.А., Федоров В.И., Щербинина Н.В., Шамраева Е.О. Комплексная оценка и прогнозирование состояния почв при застройке и развитии сельско-городских территорий // Информационные технологии в науке, образовании и производстве: сборник трудов VII международной научно-технической конференции (Белгород, 17–19 октября 2018 г.). Белгород: Изд-во ООО «ГиК», 2018. С. 177–183.
3. Четошников С.Г. Региональная политика в отношении сельско-городских территорий // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 359. С. 50–52.
4. Chetoshnikov S.G. Regional policy for rural-urban areas // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. № 359. P. 50–52 (in Russian).
5. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ (с 4 декабря 2007 г.) // «Российская газета» 30 декабря 2004 г.
6. Town Planning Code of the Russian Federation of December 29, 2004 № 190-FZ (from December 4, 2007) // «Rossiyskaya Gazeta» 30 dekabrya 2004 g. (in Russian).
7. Земельный кодекс Российской Федерации от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ (с изменениями от 8 ноября 2007 г.) // «Российская газета». 30 октября 2001 г.
8. The Land Code of the Russian Federation of October 25, 2001 No. 136-FZ (as amended November 8, 2007) // Rossiyskaya Gazeta 30 oktyabrya 2001 g. (in Russian).
9. Иващук О.А., Федоров В.И., Коскин А.В., Щербинина Н.В., Журавлев М.Д. Метод интегральной оценки качества почвы в сельско-городских территориях на основе нечеткой логики // International Journal of Engineering & Technology. 2018. V. 7. № 4. 36. P. 1–4.
10. Иващук О.А., Кванин Д.А. Интеллектуальная поддержка решений в управлении экологической безопасностью // Научное обозрение. 2014. № 8 (2). С. 619–626.
11. Ivashchuk O.A., Kvanin D.A. Intellectual support of decisions in control of ecological safety // Nauchnoe obozrenie. 2014. № 8 (2). P. 619–626 (in Russian).
12. СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89. М., 2008. 101 с.
13. МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. М., 1999. 15 с.
14. СанПиН 2.1.7.2197-07. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М., 2008. 4 с.
15. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве. М., 1991. 9 с.