

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕМЕЛЬ

Каличкин В.К., Корякин Р.А., Максимович К.Ю., Сигитов А.А., Галимов Р.Р.

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия*

Для цитирования: Каличкин В.К., Корякин Р.А., Максимович К.Ю., Сигитов А.А., Галимов Р.Р. Концептуальная модель агроэкологических свойств земель // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 1. С. 72–80. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-9.

For citation: Kalichkin V.K., Koryakin R.A., Maksimovich K.Yu., Sigotov A.A., Galimov R.R. Kontseptual'naya model' agroekologicheskikh svoistv zemel' [Conceptual model of land agroecological properties]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 1, pp. 72–80. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-9.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

При решении задачи автоматизации агроэкологической оценки земель (природно-ресурсного потенциала) и создания интеллектуальных информационных систем для дальнейшего их программирования необходимым этапом является концептуализация предметной области, или концептуальное моделирование. В качестве дескриптивной системы применен UML и выбраны три абстрактных объекта (класс, атрибут и связь). По ним распределены 33 понятия, характеризующие базовые природные характеристики земельного участка, и 13 значимых аспектов природных процессов, задающих законы изменения этих характеристик. Для 6 понятий выбран абстрактный объект «класс», для 27 – «атрибут», для 13 аспектов природных процессов – «связь». Центральным классом является «земельный участок», с которым взаимодействуют еще 5 классов: «рельеф», «агрометеорологический ресурс», «поч-вы», «эрозия», «растительность». Вся совокупность влияния классов и их атрибутов на элементы предметной области описана классификацией связей. Данных связей выделено три вида: первая – зависимость, которая в нотации UML показывает направленное отношение между двумя классами в сторону главного класса и означает, что изменение свойств главного класса влечет за собой изменение свойств зависимого класса; вторая – ассоциация, любая связь, характеризующаяся практически любым глаголом русского языка; третья – композиция, отношение вида «композит – часть», направленное всегда в сторо-

CONCEPTUAL MODEL OF LAND AGROECOLOGICAL PROPERTIES

Kalichkin V.K., Koryakin R.A., Maksimovich K.Yu., Sigotov A.A., Galimov R.R.

*Siberian Federal Scientific Centre
of AgroBioTechnologies
of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia*

In order to solve the problem of the land agroecological estimation (natural resources potential) automation and artificial information system development, it is necessary to make the domain knowledge (DK) conceptualization, or conceptual modelling. The unified modelling language (UML) was chosen as a descriptive system. Three abstract objects (class, attribute and relationship) were selected to describe 33 concepts for land plot basic natural characteristics and 13 significant nature process aspects regulating changes of those characteristics. For 6 DK concepts abstract object “class” was chosen, for 27 DK concepts – “attribute”, for 13 nature process aspects – “relationship”. Class “land plot” is a central one interacting with the other 5 classes: “relief”, “agrometeorological resource”, “soil”, “erosion”, “vegetation”. All classes and attributes interdependencies are described by relationship classification of 3 types. The first type is dependency relationship showing on UML diagrams a directed connection between two classes towards the main class, which means that changing the main class properties implies changing the dependant class properties; the second type is association relationship, which is any relationship showing connection characterized by almost any verb of the Russian language; the third type is composition relationship showing connection between composite and its part and is always directed to the composite, where deletion of the composite class implies deletion of all parts. Optimization of the DK conceptual model described by means of UML diagram is a permanent process, thus

ну композита, при этом удаление композита влечет за собой удаление всех частей. Оптимизация концептуальной модели ПО, описываемая с помощью диаграмм в нотации UML, – процесс перманентный и со временем в нее могут быть добавлены новые классы и элементы.

Ключевые слова: концептуальная модель, диаграммы UML, предметная область, земельный участок, характеристика земель, системы земледелия

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) начинается с параллельной концептуализации шести предметных областей. В рамках этой модели анализируют биологические особенности сельскохозяйственных культур (требования к условиям произрастания) и их средообразующее влияние. Данные «требования» сопоставляют с агроэкологическими параметрами земельных участков, а затем на основании этого делают вывод о степени пригодности их для использования под ту или иную культуру.¹

В настоящее время согласование «требований» растений к условиям произрастания той или иной культуры осуществляется экспертом на основе эвристических знаний и представлений. В то же время экспертов высокого уровня, способных решать такие задачи, становится все меньше. В системе оценки земель их природная характеристика (природно-ресурсный потенциал) существует самостоятельным блоком. Его создание осуществляется с помощью ГИС² [1]. Для проведения оценки земель в ГИС создают электронные карты крутизны и экспозиции склонов, структур почвенного покрова, агрохимических и физических свойств почв, их эродированности, засоления, переувлажнения и др. Количество таких карт-

new classes and concepts can be added to the model throughout the time.

Keywords: conceptual model, UML diagrams, domain knowledge, land plot, land characteristics, agriculture system

слоев в ГИС может достигать 20 и более. Затем с помощью взаимного наложения тематических электронных карт-слоев формируется комплексная карта агроэкологических групп и типов земель. Этот процесс в ГИС может быть автоматизирован, но в основном осуществляется экспертом вручную. Данную карту сопровождают пояснительной запиской, в которой дан анализ современного использования земель [1].

Проблеме агроэкологической оценки земель и проектирования АЛСЗ с привлечением возможностей ГИС посвящены, например, работы сотрудников Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии³ [2, 3]. Однако вопрос о том, чтобы использовать природную характеристику земель (природно-ресурсный потенциал) для согласования «требований» растений к условиям произрастания в автоматизированном режиме, в том числе с помощью суждений эксперта, остается открытым. Данную проблему, по нашему мнению, может решить создание интеллектуальной системы с помощью различных методов и подходов, используемых в искусственном интеллекте. Один из подходов по решению вопросов выбора и размещения сельскохозяйственных растений (культур) предложен нами в работе [4].

Для создания интеллектуальных информационных систем и их программирования

¹Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. руководство. М.: Росинформагротех, 2005. 784 с.

²Киришин В.И., Дубачинская Н.Н., Трубинов А.В., Галактионова О.В. Опыт агроэкологической оценки земель для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в АГРОГИС // Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве: материалы междунар. науч.-практ. конф. Оренбург: ОГАУ, 2013. С. 4–6.

³Глазунов Г.П. Автоматизация проведения оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафта для оптимизации землепользования // Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии: материалы конф. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2017. С. 93–97.

необходим этап – концептуализация предметной области (ПО), или концептуальное моделирование. В рамках известных парадигм программирования наиболее распространено объектно-ориентированное (ООП), основными концепциями которого являются понятия объектов и классов. Отношения между объектами описываются при помощи наследования и инкапсуляции. Сами объекты вступают в такие отношения (ассоциации), как часть – целое (агрегация), использование и др.⁴ Для создания качественного программного обеспечения целесообразно использовать языки, поддерживающие парадигму ООП, например UML. Использование нотации UML позволяет увеличить скорость разработки программного продукта и уменьшить количество синтаксических, семантических и других видов ошибок^{5, 6} [5, 6].

Под концептуальным моделированием понимается процесс, целью которо-

го выступает выявление, анализ и описание релевантных его задачам сущностей ПО и взаимосвязей между ними (см. сноску 4) [7–9]. Понятие концептуальной модели определено. «Концептуальная модель это – абстрактная модель, определяющая собственно структуру исследуемого объекта (составные элементы и связи), свойства составных частей, причинно-следственные связи»⁷.

Цель исследования – создать концептуальную модель ПО «агроэкологические свойства земель» в части структурирования базовых природных характеристик земельного участка.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Агроэкологическая оценка земель сельскохозяйственного назначения – одна из шести совокупностей факторов, которые необходимо учитывать при моделировании АЛСЗ (см. рис. 1), (см. сноску 1).

Совокупность факторов	1	2	3	4	5	6
1. Общественные (рыночные) потребности (рынок продуктов, потребности животноводства, требования переработки продукции)						
2. Агроэкологические требования культур и их средообразующее влияние		[22]				
3. Агроэкологическая оценка земель (природно-ресурсный потенциал)		[2-3]	[33]			
4. Производственно-ресурсный потенциал, уровни интенсификации						
5. Хозяйственные уклады, социальная инфраструктура						
6. Качество продукции и среды обитания, экологические ограничения						

Рис. 1. Совокупность факторов при моделировании АЛСЗ

Fig. 1. The combination of factors in the modeling of adaptive landscape farming systems

⁴Буч Г., Рамбо Д., Якобсон И. Язык UML. Руководство пользователя. М.: ДМК Пресс, 2006. 496 с.

⁵Воевода А.А., Зимаев И.В. Соотнесение структурных и временных масштабов UML-диаграмм // Сб. науч. тр. НГТУ. Новосибирск, 2008. № 4 (54). С. 59–62.

⁶Марков А.В. Разработка программного обеспечения при совместном использовании UML-диаграмм и сетей Петри (обзор) // Сб. науч. тр. НГТУ. Новосибирск, 2013. № 1. С. 96–131.

⁷ГОСТ Р 43.0.3–2009. Информационное обеспечение техники и операторской деятельности. Ноон-технология в технической деятельности. Общие положения. М.: Стандартинформ, 2010.

Это моделирование включает следующие задачи:

- систематизация совокупности факторов влияния на свойства модели АЛСЗ: концептуализация предметной области или построение концептуальной модели предметной области – 6 задач;

- анализ совместимости совокупностей факторов влияния на свойства модели АЛСЗ: попарное совмещение предметных областей – 15 задач.

Предметом рассмотрения в настоящей работе является задача [33], задачи [22] и [2-3] частично рассмотрены нами в работе [4]. Структурирование информации и построение модели природных свойств земельного участка (природно-ресурсного потенциала) осуществляли с использованием диаграмм языка моделирования UML, включающих в себя структуру иерархии классов системы и их атрибуты, а также взаимодействие между классами. UML – унифицированный язык моделирования, который обычно применяют для объектно-ориентированного анализа и проектирования [6], а также для визуализации, конструирования и документирования программных систем [10]. Стандарт UML 2.5 включает 15 видов диаграмм, состоящих из блоков и связей между ними со специальными обозначениями. В работе при построении одного вида диаграмм (диаграммы классов) UML использовали программное обеспечение Lucidchart (lucidchart.com).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

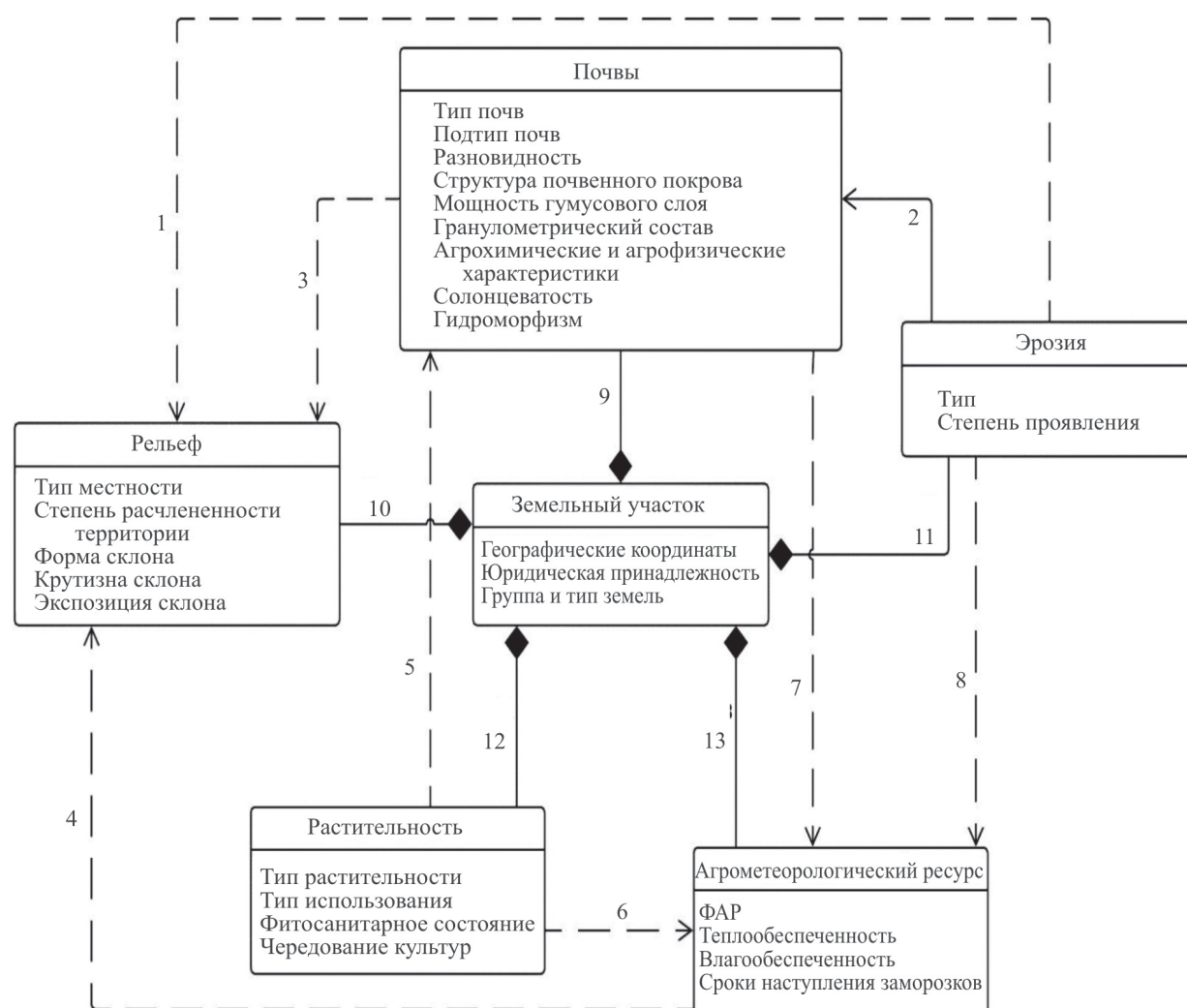
Концептуализацию предметной области осуществляли путем выбора ограниченного количества абстрактных объектов из некоторой принятой дескриптивной системы, достаточной для описания ПО. Для задачи [33] в качестве дескриптивной системы применен UML и выбраны 3 абстрактных объекта – класс, атрибут и связь, по которым распределены 33 понятия, описывающие базовые природные свойства (характеристики) земельного участка. Для 6 понятий выбран абстрактный объект «Класс», для 27 – «Атрибут». Выбор понятий ПО осуществлялся экспертом по АЛСЗ.

Диаграмма классов для ПО «агроэкологические свойства земель» содержит 6 классов, 27 атрибутов и 13 связей (обозначены цифрами) (см. рис. 2). Связи отражают взаимозависимости классов между собой вследствие происходящих вне рассматриваемой ПО процессов как внутри соседних ПО из рис. 1, так и вне АЛСЗ. Однако с точки зрения методологии использования UML, количественный состав и качественные характеристики этих процессов не имеют значения и вся совокупность их влияния на элементы ПО описывается классификацией связей.

Так, связи 1, 3–8 (обозначение линий на рис. 2) называются в UML зависимостью (зависимость показывает направленное отношение в сторону главного класса, от которого зависит другой вид отношения – изменение свойств зависимого класса при изменении свойств главного класса), связь 2 – ассоциацией (любая связь, характеризующаяся практически любым глаголом русского языка), связи 9–13 – композицией (отношения вида «композит – часть», направление всегда в сторону композита, при этом удаление композита влечет за собой удаление всех частей).

Используемые типы связей обусловлены следующим: данные классы по своей сути полностью или частично – это природные характеристики определенного участка земли, который помещен в центре и является композитом. Все происходящие естественные процессы (варьирование агрометеорологического ресурса, формирование рельефа, почвообразование и др.) тесно связаны между собой и их взаимодействие может быть описано зависимостью или ассоциацией.

Связь «зависимость» характеризует отношение между двумя классами, когда при изменении одного фактора (класса) изменяется и другой. Например, связь «зависимость» между классами «Рельеф» и «Почвы» показывает, что характер рельефа местности влияет на почвообразовательные процессы (главный класс «Рельеф»). Существуют также методы определения значений атрибутов «Тип» и «Степень проявления» класса «Эрозия» по одному или нескольким значениям

**Рис. 2.** Диаграмма классов ПО «агроэкологические свойства земель»**Fig. 2.** Diagram of software classes “agroecological properties of lands”

атрибутов класса «Рельеф». Эти методы отражают фундаментальные законы воздействия экзогенных и эндогенных процессов на земную кору, а также зависимость степени проявления эрозии почв от рельефа. Например, смыв почвы увеличивается прямо пропорционально уклону. Увеличение уклона почвы от 2 до 4° приводит к увеличению смыва почвы в 1,8 раза, от 4 до 8° – в 7,2 раза. Протяженность склона также влияет на водную эрозию. Согласно данным А.Д. Орлова, смыв возрастает при удвоении линии стока от 50 до 100 м в 2,9–3,7 раза [11].

Связь «ассоциация» показывает отношения объектов одного класса с объектами другого, например, связь между классами «Почва» и «Эрозия» показывает, что

эрозия является одной из характеристик почв. Такой связи можно присвоить имя «реализуется на» (эрозия реализуется на почве). Связь 2 свидетельствует об ассоциации или о совмещении значений атрибутов классов «Эрозия» и «Почвы». Совмещение означает, что можно говорить, например, об отражении типа эрозии в показателях плодородия почв или степени проявления эрозии в конкретном типе почв. При необходимости дальнейшей детализации ПО для каждого такого сочетания можно формировать отдельный класс, связанный с двумя данными.

Связь 9 указывает на бессмысленность рассмотрения каких-либо значений атрибутов класса «Почвы» без привязки к одному

или несколькими атрибутами класса «Земельный участок». Формулировка может быть такой: зачем узнавать параметры почвы, если неизвестно, где она располагается, кому принадлежит и как используется в отношении земель к конкретной группе и типу по пригодности к использованию в сельском хозяйстве.

Добавим, что атрибуты – это связующее звено между моделью, методами, потоками данных и запросов в информационной системе, поскольку, с одной стороны, они входят в состав классов, участвующих в сценариях диаграмм последовательностей (не рассматриваются в статье), с другой – принадлежат к внешней оболочке модели (числовые параметры, математические модели).

Важно, что при построении диаграмм классов соблюдается принцип исключения повторности, так как класс не допускает возможности наследования у самого себя прямо или косвенно одинаковых атрибутов, а класс-ассоциация не может иметь те же атрибуты, что и связанные с ним классы, атрибуты не должны пересекаться и т.д. Кроме того, классы – это комплекты характеристик без привязки к обладающим этими характеристиками объектам. Связи между классами указывают на ограничения, в рамках которых характеристики могут меняться. Диаграмма классов является одним из основных этапов в проектировании объектно-ориентированной системы. Описание классов используется на разных этапах проектирования системы и включает в себя разную степень детализации.

Для усложнения и оптимизации модели, введения новых конструкций или их замены на более подходящие можно использовать бинарные диаграммы. Вопрос по оптимизации конкретной модели, которая описывается с помощью диаграмм классов, всегда остается открытым. Со временем с целью усовершенствования и более глубокой детализации могут быть добавлены новые классы и элементы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный в работе результат решения задачи [33] является промежуточным. Для того чтобы его можно было применить к задаче [2-3], необходимо:

- ввести в перечень понятий ПО набор алгоритмов, с помощью которых возможно получение расчетных величин и экспертных заключений, а в классы диаграммы добавить описывающие этот набор алгоритмов методы;

- ввести в перечень понятий ПО внешние процессы, косвенно влияющие на характеристики элементов ПО, и связать их с обозначенными на диаграмме 13 связями;

- ввести в перечень понятий ПО «картирование» и «зонирование», без которых невозможен метод наложения слоев в ГИС-системах, и проиллюстрировать эти понятия с помощью диаграмм последовательностей UML;

- для всех 27 атрибутов классов указать числовые диапазоны значений или списки возможных текстовых значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирюшин В.И., Слива И.В. Применение ГИС-технологий при картографировании и проектировании агроландшафтов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2005. Т. 1. № 5-1. С. 8–12.
2. Глазунов Г.П., Санжаров А.И., Афонченко Н.В. Структура базы данных агроэкологической оценки земель // Достижения науки и техники в АПК. 2015. Т. 29. № 8. С. 72–76.
3. Глазунов Г.П., Афонченко Н.В., Санжаров А.И. Программные средства информационно-справочной системы для агроэкологической оценки земель // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 8. С. 58–63.
4. Каличкин В.К., Корякин Р.А., Лужных Т.А., Риксен В.С. Выбор и размещение сельскохозяйственной культуры с использованием искусственного интеллекта // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 10. С. 67–70. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11015.

5. Dobing B., Parsons J. How UML is used // *Communications of the ACM*. – 2006. Vol. 49. № 5. P. 109–113. DOI: 10.1145/1125944.1125949.
6. Крэг Ларман. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования = *Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development*. 3-е изд. М.: Вильямс, 2006. 736 с.
7. Когаловский М.Р., Калиниченко Л.А. Концептуальное и онтологическое моделирование в информационных системах // *Программирование*. 2009. № 5. С. 3–25.
8. Палагин А.В., Петренко Н.Г. Системно-онтологический анализ предметной области // *Управляющие системы и машины*. 2009. № 4. С. 3–14.
9. Сорокин А.Б. Концептуальное проектирование интеллектуальных систем поддержки принятия решений // *Онтология проектирования*. 2017. Т. 7. № 3 (25). С. 247–269. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-247-269.
10. Marbán O., Segovia J. Extending UML for modeling data mining projects (DM-UML) // *Journal of Information Technology & Software Engineering*. 2013. Vol. 3. N 2. P. 1–17. DOI:10.4172/2165-7866.1000121.
11. Орлов А.Д. Эрозия и эрозионноопасные земли Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1983. 207 с.
12. akademii [Vestnik of Kursk State Agricultural Academy], 2016, no. 8, pp. 58–63. (In Russian).
4. Kalichkin V.K., Koryakin R.A., Luzhnyh T.A., Riksen V.S. Vybór i razmeshchenie sel'skohozyajstvennoj kul'tury s ispol'zovaniem iskusstvennogo intellekta [Selection and distribution of crops using artificial intelligence]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2019, vol. 33, no. 10, pp. 67–70. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11015. (In Russian).
5. Dobing B., Parsons J. How UML is used. *Communications of the ACM*. 2006, vol. 49, no. 5, pp. 109–113. DOI: 10.1145/1125944.1125949.
6. Kreg Larman. *Primenenie UML 2.0 i shablonov proektirovaniya = Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development* [Applying UML 2.0 and design patterns]. M.: Vil'yams Publ., 2006, 736 p. (In Russian).
7. Kogalovskij M.R., Kalinichenko L.A. Konceptual'noe i ontologicheskoe modelirovanie v informacionnyh sistemah [Conceptual and ontological modeling in information systems]. *Programmirovaniye* [Programming], 2009, no. 5, pp. 3–25. (In Russian).
8. Palagin A.V., Petrenko N.G. Sistemno-ontologicheskij analiz predmetnoj oblasti [System-ontological analysis of the domain]. *Upravlyayushchie sistemy i mashiny* [Control Systems and Machines], 2009, no. 4, pp. 3–14. (In Russian).
9. Sorokin A.B. Konceptual'noe proektirovanie intellektual'nyh sistem podderzhki prinyatiya reshenij [Conceptual design of intelligent decision support systems]. *Ontologiya proektirovaniya* [Ontology of Design], 2017, vol. 7, no. 3 (25), pp. 247–269. (In Russian). DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-247-269.
10. Marbán O., Segovia J. Extending UML for modeling data mining projects (DM-UML). *Journal of Information Technology & Software Engineering*, 2013, vol. 3, no. 2, pp. 1–17. DOI: 10.4172/2165-7866.1000121.
11. Orlov A.D. *Eroziya i erozionnoopasnye zemli Zapadnoj Sibiri* [Erosion and erosion-prone lands of Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1983, 207 p. (In Russian).

REFERENCES

1. Kiryushin V.I., Sliva I.V. Primenenie GIS-tehnologij pri kartografirovanii i proektirovanii agrolandschaftov [The use of GIS technologies in mapping and landscape designing]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestiya of Orenburg State Agrarian University], 2005, vol. 1, no. 5-1, pp. 8–12. (In Russian).
2. Glazunov G.P., Sanzharov A.I., Afonchenko N.V. Struktura bazy dannyh agroekologicheskoy ocenki zemel' [Structure of database agroecological assessment of land]. *Dostizheniya nauki i tekhniki v APK* [Achievements of Science and Technology of AIC]. 2015, vol. 29, no. 8, pp. 72–76. (In Russian).
3. Glazunov G.P., Afonchenko N.V., Sanzharov A.I. Programmnnye sredstva informacionno-spravocnoy sistemy dlya agroekologicheskoy ocenki zemel' [Software of directory system for agroecological assessment of lands]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Каличкин В.К.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** 630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск, а/я 463; e-mail: kvk@ngs.ru

Корякин Р.А., кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник; e-mail: romank@nsk.ru

Максимович К.Ю., младший научный сотрудник

Сигитов А.А., младший научный сотрудник

Галимов Р.Р., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Kalichkin V.K.**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: kvk@ngs.ru

Koryakin R.A., Candidate of Science in Physics and Mathematics, Senior Researcher; e-mail: romank@nsk.ru

Maksimovich K.Yu. Junior Researcher

Sigitov A.A., Junior Researcher

Galimov R.R. Junior Researcher

*Дата поступления статьи 10.12.2019
Received by the editors 10.12.2019*