

УДК: 528:681.518

DOI: 10.35595/2414-9179-2020-1-26-289-304

Б.Т. Курбанов¹

РЕШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Аграрный сектор является одним из важнейших для экономики Узбекистана. Узбекистан занимает третье место в мире по экспорту хлопка. В аграрном секторе задействовано 44 % населения республики. Активное антропогенное воздействие на окружающую среду с целью поднятия производительности в аграрном секторе проводилось без должного научного обоснования. Усилившаяся демографическая нагрузка на землю привела к активизации процессов опустынивания, засоления земель.

Чрезмерное внесение в почву химических удобрений, загрязнение поверхностных вод, которые в сельской местности часто используются для хозяйственно-питьевых нужд, привели к росту заболеваемости населения. Вышеуказанные проблемы свидетельствуют о необходимости комплексного анализа состояния окружающей среды с целью разработки наиболее оптимальных путей решения указанных проблем.

В работе приведены примеры разработки карт районирования территории по различным тематическим направлениям. При районировании территории использован математический аппарат, разработанный известным математиком Лотфи А. Заде. Теория нечётких множеств позволяет, с одной стороны, максимально учесть в модели опыт и интуицию исследователей и, с другой стороны, найти компромисс между возрастающей сложностью экологических процессов и требованиями к точности результатов исследований. Данные подходы использованы для балльной оценки при решении поставленных задач. При комплексном анализе состояния окружающей среды использована процедура OVERLAY. Она позволила разработать интегральную карту с учётом вклада каждого из анализируемых тематических направлений в соответствии с решаемыми задачами.

Решение технологических задач комплексного анализа территории будет способствовать выработке стратегии экологически устойчивого социально-экономического развития республики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: картография, окружающая среда, районирование, математическое моделирование, ГИС-технологии

¹ Национальный центр государственных кадастров, геодезии и картографии, Государственный комитет по земельным ресурсам, геодезии, картографии и государственному кадастру, Просп. Бунёдкор, д. 28, 100097, Ташкент, Республика Узбекистан; e-mail: bk1948@bk.ru

Bakhtiyor T. Kurbanov¹

**SOLUTION OF TECHNOLOGICAL PRINCIPLES OF COMPLEX ANALYSIS
OF THE ENVIRONMENT ON THE BASIS OF GIS TECHNOLOGIES
AND METHODS OF MATHEMATICAL MODELING**

ABSTRACT

The agricultural sector is one of the most important for the economy of Uzbekistan. Uzbekistan is the third largest exporter of cotton in the world. In the agricultural sector, 44 % of the population of the republic are involved. Active anthropogenic environmental impact in order to increase productivity in the agricultural sector was carried out without proper scientific justification. The increased demographic burden on the land has led to the intensification of desertification, salinization of land. Excessive application of chemical fertilizers into the soil, pollution of surface waters, which are often used for drinking and drinking water in rural areas, have led to an increase in the incidence of the population. The above problems indicate the need for a comprehensive analysis of the state of the environment in order to develop the most optimal ways to solve these problems.

The paper gives examples of the development of regional zoning maps for various thematic areas. When zoning the territory, a mathematical apparatus developed by the famous mathematician Lotfi A. Zadeh was used. The theory of fuzzy sets makes it possible, on the one hand, to take into account the experience and intuition of researchers in the model, and on the other hand, to find a compromise between the increasing complexity of environmental processes and the requirements for the accuracy of research results. These approaches were used for scoring in solving assigned tasks. In a comprehensive analysis of the state of the environment, the OVERLAY procedure was used. It made it possible to develop an integrated map taking into account the contribution of each of the analyzed thematic areas in accordance with the tasks being solved.

The solution of the technological problems of a comprehensive analysis of the territory will contribute to the development of a strategy for the environmentally sustainable socio-economic development of the republic.

KEYWORDS: cartography, environment, zoning, mathematical modeling, GIS technology

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное антропогенное воздействие на окружающую среду привело в странах среднеазиатского региона к ухудшению экологического состояния окружающей среды, возникновению трудноразрешимых противоречий между интересами развития сельскохозяйственного производства, сохранением природы и повышением качества жизни населения. Данные проблемы не обошли стороной и Республику Узбекистан. Следствием непродуманной политики в области сельского хозяйства явился Аральский кризис — крупнейшая экологическая и гуманитарная катастрофа в современной истории человечества, разразившаяся на протяжении всего лишь 50 лет. Под его воздействием оказались более 60 млн чел., проживающих в бассейне Аральского моря. Процесс опустынивания охватил огромные территории. На обсохшем дне моря, служившим природно-климатическим регулятором Приаралья, возникла песчано-соляная пустыня Аралкум площадью более 5,7 млн га [Рафиков, 2018].

¹ National Center for State Cadasters, Geodesy and Cartography, State Committee for Land Resources, Geodesy, Cartography and State Cadaster, Bunyodkor Ave, 28, 100097, Tashkent, Republic of Uzbekistan;
e-mail: bk1948@bk.ru

Одним из важнейших секторов в экономике Узбекистана является аграрный. Узбекистан занимает 3-е место в мире по экспорту и 6-е место по валовому сбору хлопка. Доля сельского хозяйства в ВВП страны в 2017 г. составила 17,6 %. Занятость населения в сельском хозяйстве составляет 44 %¹. Освоение новых, часто засоленных земель и их интенсивное вовлечение в сельхозпроизводство привело к вторичному засолению орошаемых земельных угодий. Даже слабое засоление почв снижает урожайность хлопчатника на 10–15 %, среднее — на 30–40 %, сильное — на 50–60 %. При 2–3 % содержании солей в пахотном слое урожай погибает полностью. Состояние почв в Узбекистане можно охарактеризовать как катастрофическое [Гаевая, Писарева, 1995].

Производительность орошаемых земель республики за последние годы снизилась в среднем на 3 балла [Кузиев, 2007 а]. Площадь наиболее ценных земель четвертой и пятой кадастровых зон с балльностью более 60 сократилось на 10,4 % [Кузиев, 2007 б]. Все эти негативные процессы явились следствием применения неэффективных систем ирригации и управления водными ресурсами, нерациональных методов землепользования и др.

Узбекистан прикладывает большие усилия для минимизации ущерба от Аральского кризиса. В республике ведутся активные работы по улучшению социально-эколого-экономических условий, внесены изменения в ряд законодательных актов, целью которых является улучшение качества жизни и повышение уровня благосостояния населения. Принято постановление правительства о мерах по ускорению создания зелёных покрытий, защитных лесных насаждений на высыхающих территориях дна Аральского моря. В ближайшие 10–12 лет Узбекистан планирует облесить высохшее дно Арала².

Ведущие страны мира высшим приоритетом государства считают здоровье населения. Среди всех заболеваний современного человека, связанных с неблагоприятными условиями окружающей среды, появились ранее неизвестные заболевания, причины возникновения которых очень трудно установить, и они труднее излечиваются³. На здоровье и нормальную работоспособность человека оказывают влияние и неблагоприятные климатические факторы, которые могут вызывать обострение ряда заболеваний, в т.ч. кардиологических, болезней суставов, вызывать перепады артериального давления и др.⁴ Вследствие Аральского экологического кризиса в зоне постоянного экологического риска, негативно влияющего на качество жизни, здоровье и генофонд населения, оказался весь регион Центральной Азии [Рафиков, 2018].

Одним из основных критериев и главной и целью социально-экономического развития Узбекистана является здоровье населения. На здоровье населения наряду с другими факторами в 20 % случаев оказывает влияние состояние окружающей среды. Это обуславливает важность проблемы оценки состояния окружающей среды в формировании здоровья населения [Большаков и др., 1999]. Приведённые данные согласуются с данными Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) [Санжеев и др., 2013]. В Республике Узбекистан наблюдается устойчивый рост средней продолжительности жизни людей, что свидетельствует об активной работе по повышению качества жизни и здоровья населения. Узбекистан занимает первое место в Центральной Азии по продолжительности жизни. Согласно данным ВОЗ, опубликованным в 2018 г., ожидаемая продолжительность жизни в Узбекистане составляет: мужчины — 69,7, женщины — 75,0, а общая

¹ Экономика Узбекистана (2018). Электронный ресурс: <http://prtuz.tatarstan.ru/ekonomika.htm> (дата обращения 16.03.2018)

² Узбекистан планирует озеленить 500 тыс. гектаров высохшего дна Арала (2019). Электронный ресурс: <https://news.mail.ru/economics/36335008/?frommail=1> (дата обращения 13.05.2019)

³ Здоровье и окружающая среда. Электронный ресурс: <https://geographyofrussia.com/okruzhayushhaya-sreda-i-zdorove-cheloveka/> (дата обращения 16.04.2019)

⁴ Влияние окружающей среды на здоровье человека. Электронный ресурс: <http://www.prinas.org/article/2024> (дата обращения 16.04.2019)

продолжительность жизни — 72,3 года¹. Ожидаемая продолжительность жизни по миру составляет 67,2 года (65,0 для мужчин и 69,5 для женщин), по версии ООН. В Узбекистане ведутся исследования по выявлению экологически напряжённых территорий и минимизации ущерба для здоровья населения. Методика оценки экологически неблагополучных районов на территории Узбекистана, разработанная Р.М. Разаковым, учитывает интегральную экологическую нагрузку, выраженную через ряд взаимодополняющих факторов, отражающих сложность и неоднозначность этого воздействия [Разаков, 1997].

Вместе с тем в Республике Узбекистан продолжает оставаться высокой заболеваемость среди взрослого населения и детей. Наблюдаются ряд негативных последствий для жителей Приаралья экономического характера, высокая детская и материнская смертность вследствие неблагоприятной экологической обстановки². В пределах республики в поверхностные водотоки поступают загрязнённые сточные воды более чем 5 000 объектов водопользователей³. В результате нитратного загрязнения источников питьевого водоснабжения в республике высокий процент заболеваний печени, почек, нервной системы. Причиной заболевания каждого четвёртого больного туберкулёзом (24 %) среди населения Узбекистана является экологический фактор [Норматова и др., 2014].

Решение вышеобозначенных проблем требует существенных инвестиций. Объём инвестиций, направленных на борьбу с опустыниванием, засолением и деградацией культурных земель, на подъём аграрного сектора экономики республики, улучшение качества жизни населения и др. за последние 10 лет по Узбекистану составил более 1,2 млрд \$ США. С целью рационального и оптимального вложения инвестиций необходимо проведение исследований по комплексному анализу, оценке и картографированию природных условий республики как с позиций благоприятности для аграрного сектора, так и повышения качества жизни населения. Для учёных и практиков представляется важным изучение как антропогенного воздействия на природную среду, так и реакции природы на такое вмешательство в виде воздействия на качество жизни населения и его главный компонент — здоровье. В основу наших исследований положена разработка картографических моделей обеих сторон взаимодействия природы и общества.

Цель исследования

Главной целью настоящего исследования является разработка технологии комплексного анализа и оценки состояния окружающей среды на базе ГИС-технологий с позиции как благоприятности для сельскохозяйственного производства, так и воздействия на здоровье населения. В процессе исследований решены следующие задачи:

- разработка на основе теории нечётких множеств математической модели дифференциации территории по комплексу показателей;
- разработка тематических оценочных карт районирования территории по степени благоприятности для сельскохозяйственной деятельности и для здоровья населения Узбекистана;
- на основе данных оценочных карт различной тематической направленности разработка комплексной интегральной карты районирования природных

¹ Узбекистан лидирует по продолжительности жизни населения среди стран Центральной Азии (2019). Электронный ресурс: <https://uz.sputniknews.ru/Uzbekistan/20190215/10823733/Uzbekistan-lidiruet-po-prodolzhitelnosti-zhizni-sredi-stran-TsA.html> (дата обращения 27.12.2019)

² Экология. Экологическая катастрофа Аральского моря. Электронный ресурс: www.godmol.ru (дата обращения 23.01.2019).

³ Uzbekistan National Report. Seminar on the role of ecosystems as water suppliers (Geneva, 13–14 december 2004). Национальный доклад об использовании и охраны водных ресурсов в Республике Узбекистан. Электронный ресурс: <http://nauka.x-pdf.ru/17raznoe/606568-1-seminar-the-role-ecosystems-water-suppliers-geneva-13-14-december-2004-uzbekistan-national-report-nacionalniy-d.php> (дата обращения 12.03.2019)

условий республики по степени благоприятности для сельскохозяйственной деятельности и здоровья населения.

В данной работе под термином «районирование» мы понимаем прежде всего его отраслевые, индуктивные и формализованные формы [Баранов и др., 1999; Реймерс, 1990]. В процессе выполнения работы нами использованы фондовые картографические материалы, справочные и литературные источники^{1,2,3,4,5,6}. При реализации проекта в качестве топографической основы использованы цифровые топографические карты масштаба 1:500 000, разработанные в соответствии с требованиями к созданию цифровых топографических карт⁷.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методы математического моделирования на основе теории нечётких множеств

Исследования показали, что при разработке оценочных карт районирования использование балльной оценки позволяет более объективно и быстро производить сравнение оцениваемых объектов или явлений. При проведении комплексного анализа окружающей среды по различным тематическим направлениям появляется возможность получения интегральных оценок с учётом степени важности как отдельных явлений и объектов внутри того или иного тематического направления, так и между этими направлениями, что при вербальной форме оценки сделать затруднительно. Логико-математическая обработка используемого картографического материала проведена нами с помощью методов нового направления современной математики, известного как «математика нечёткости». При этом широко использовались теоретические воззрения основоположника этого направления Лотфи А. Заде [Zadeh, 1965].

В процессе оценки и районирования территорий зачастую приходится оперировать понятиями, носящими нечёткий, размытый характер (благоприятный, удовлетворительный и т.д.). Целесообразно при этом использовать математический аппарат теории нечётких множеств [Заде, 1976]. Рассуждения человека, опирающиеся на естественный язык, не могут быть формализованы методами классической математики, которым свойственна строгая однозначность интерпретации. Применение же естественного языка имеет многозначную интерпретацию. По мнению Заде, последовательно проводя идею нечёткости, можно построить нечёткие аналоги всех основных математических понятий и создать необходимый формальный аппарат для

¹ Грингоф И.Г., Коновалова Н.С., Иванова Д.А. Агроклиматические условия Бухарской области. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 120 с.

² Сумочкина Т.Е., Коновалова Н.С., Иванова Д.А. Агроклиматические условия Джизакской и Самаркандской областей Узбекистана. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 216 с. Электронный ресурс: <http://www.cawater-info.net/books/agro-djizak-samarkand/index.htm> (дата обращения 12.03.2019)

³ Бабушкина Н.Н., Бухалова В.А., Фрид Т.В. Агроклиматические условия Каракалпакии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 140 с. Электронный ресурс: <http://www.cawater-info.net/books/agro-karakalpakistan/index.htm> (дата обращения 12.03.2019)

⁴ Сумочкина Т.Е., Коновалова Н.С., Иванова Д.А. Агроклиматические условия Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей Узбекистана. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 264 с. Электронный ресурс: <http://cawater-info.net/books/agro-kashkadarya-surkhandarya/pages/0116.htm> (дата обращения 21.01.2019)

⁵ Сумочкина Т.Е., Коновалова Н.С., Капнер Д.Я., Муминов Ф.А. Агроклиматические условия Наманганской, Андижанской, Ферганской областей. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 196 с. Электронный ресурс: <http://www.cawater-info.net/books/agro-namangan-andijan-fergana/pages/0007.htm> (дата обращения 21.01.2019)

⁶ Сумочкина Т.Е., Куликова Ю.А., Муминов Ф.А., Капнер Д.Я. Агроклиматические условия Ташкентской и Сырдарьинской областей Узбекистана. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 206 с. Электронный ресурс: <http://www.cawater-info.net/books/agro-tashkent-syrdarya/index.htm> (дата обращения 21.01.2019)

⁷ Курбанов Б.Т., Романова Ю.П., Юсупджанова А.М. Общие требования к созданию цифровых топографических карт. ГККИНП – 05-046-02, 2000. 38 с.

моделирования человеческих рассуждений и человеческого способа решения задач¹. Математика Заде предполагает отказ от основного утверждения классической теории множеств о том, что некоторый элемент может либо принадлежать, либо не принадлежать множеству [Sugeno, 1977]. При этом вводится функция принадлежности, которая принимает значения из интервала $[0,1]$. Степень принадлежности выражается числом

$$\mu_A(x), 0 \leq \mu \leq 1,$$

здесь A — нечёткое множество.

При $\mu_A(x) = 0$ элемент x не принадлежит данному множеству.

При $\mu_A(x) = 1$ элемент x полностью принадлежит данному множеству.

При $0 < \mu_A(x) < 1$ элемент x принадлежит множеству с соответствующей степенью уверенности.

Математика Лотфи А. Заде формализует представление эксперта об особенностях исследуемых объектов. Исследователь получает в руки определённый математический аппарат, позволяющий строить оценки для трудноформализуемых экспертных решений. В качестве экспертов в данном проекте выступали высококвалифицированные специалисты, хорошо знающие анализируемое тематическое направление и его особенности, имеющие опыт работы в данной тематике. Данные подходы использованы для балльной оценки при разработке оценочных карт районирования климатических, почвенных ресурсов и воздействия процессов опустынивания на сельскохозяйственную деятельность, условия жизни и здоровье населения. Под благоприятными условиями для сельскохозяйственной деятельности в данной работе подразумеваются благоприятные условия для возделывания основных сельскохозяйственных культур в Узбекистане — хлопчатника и зерновых. В процессе работы над проектом использовались программно-технические комплексы INTERGRAPH и ArcGIS, технологии которых обеспечивают решение в единой информационной среде всего спектра сложных задач мониторинга окружающей среды, территориального планирования и управления. В частности, при разработке тематических карт в необходимых случаях были использованы материалы дистанционного зондирования Земли и разработаны трёхмерные модели местности.

Технология комплексной оценки состояния окружающей среды

При комплексном анализе состояния окружающей среды различные её компоненты обладают различной устойчивостью к возмущающим их антропогенным факторам. Следовательно, и ответные реакции компонентов окружающей среды на антропогенный прессинг различны: наиболее устойчивые системы выделяются консервативностью, а наименее устойчивые — повышенной динамичностью. Тематические карты, освещающие различные аспекты окружающей среды, вносят неодинаковый вклад в отражение общей картины её состояния. При создании интегральной карты районирования по степени благоприятности для сельскохозяйственного производства или для здоровья населения каждая карта-слой, являющаяся одной из её составных частей, должна анализироваться с весом, определённым в соответствии с решаемыми задачами.

При создании интегральной карты была применена процедура OVERLAY, разработанная и используемая корпорацией INTERGRAPH [Teng et al., 1986]. Оверлей — операция наложения двух или более карт-слоёв друг на друга. Данная процедура позволяет производить совместный анализ объектов, отображаемых на двух или нескольких тематических слоях и по результатам этого анализа создавать синтетическую

¹ Диев В.С. Нечёткость в принятии решений. Электронный ресурс: http://www.bim-bad.ru/biblioteka/article_full.php?aid=432 (дата обращения 14.02.2019)

карту на отдельном слое^{1,2} [Курбанов, 2018 б]. В данной работе в качестве исходных были использованы три карты-слоя: карты районирования процессов опустынивания экосистем, почвенных и климатических ресурсов. При создании интегральной карты учтена значимость (вес) каждого из них в соответствии с поставленными целями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим технологию разработки оценочных карт на примере карты районирования климатических ресурсов по степени благоприятности для условий жизни.

Среди основных факторов, оказывающих большое воздействие на условия жизни населения и его здоровье, заметную роль играют климатические (солнечная радиация, среднегодовая температура на территории проживания и др.). Оценка климатических ресурсов основывается на выборе и ранжировании параметров важнейших метеорологических характеристик. Предлагается методика интегральной оценки (в баллах) влияния климатических характеристик на разные стороны жизни населения.

На первом этапе эта оценка производилась по средним годовым значениям метеоэлементов с учётом степени их влияния. Для расчётов и районирования использовались данные метеорологических станций, помещённых в Справочник по климату (вып. 19), имеющих период наблюдений не менее 20 лет и др. Следует отметить, что средние или экстремальные величины отдельных климатических параметров могут служить лишь ориентировочной оценкой воздействия климата на состояние жизнедеятельности человека. Главное воздействие климата проявляется в длительности того или иного неблагоприятного явления погоды, поэтому влияние каждой метеорологической характеристики оценивалось в основном по её повторяемости. Для общей идентичности использования характеристик была введена 5-балльная оценочная шкала степени влияния.

Для годовых значений:

- < 60 дней — 1 балл — наиболее благоприятное;
- 60–120 дней — 2 балла — благоприятное;
- 121–180 дней — 3 балла — среднеблагоприятное;
- 181–240 дней — 4 балла — малоблагоприятное;
- > 240 дней — 5 баллов — неблагоприятное.

Оценка по величине метеорологического параметра производилась по пятибалльной шкале. Список использованных метеорологических параметров представлен в табл. 1.

Оценка в баллах была произведена по каждой климатической характеристике, указанной в табл. 1. Для получения более достоверных данных по комплексу климатических условий, определяющих комфортность среды, для каждого показателя были установлены коэффициенты значимости. Значимость каждого параметра, воздействующего в той или иной мере на состояние человека и комфортность, определялась через весовой коэффициент P . При шкалировании климатических параметров использован математический аппарат нечётких множеств. Данные подходы использованы для балльной оценки при решении поставленных задач. Весовые коэффициенты каждого используемого параметра также определялись с использованием методов нечётких множеств. При этом большие значения коэффициента свидетельствует о высокой значимости того или иного метеорологического параметра, и наоборот. По каждому климатическому фактору были оценены все стороны жизнедеятельности

¹ Тикуннов В.С. Геоинформатика. Словарь терминов по геоинформатике. Электронный ресурс: <https://edu-knigi.ru/tikunov/geoinformatika.php?id=140> (дата обращения 25.11.2017)

² Основные определения ГИС. Электронный ресурс: https://studopedia.ru/10_131170_osnovnie-opredeleniya-gis.html (дата обращения 05.01.2018)

человека по методике, описанной в [Лопатина, Назаревский, 1972]. В табл. 2 представлены значения коэффициента значимости для каждого из использованных метеорологических параметров.

Табл. 1. Критерии балльной оценки метеохарактеристик (по годовым значениям)
Table 1. Scoring criteria of meteorological characteristics (by annual values)

Метеохарактеристика	Степень влияния фактора				
	Наиболее благоприят.	Благоприятное	Среднеблагоприятное	Малоблагоприятное	Неблагоприятное
	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
Средняя минимальная температура воздуха, °С	< 60	60–120	121–180	181–240	> 240
Средняя максимальная температура воздуха, °С	< 60	60–120	121–180	181–240	> 240
Относительная влажность ≤ 30 %	< 60	60–120	121–180	181–240	> 240
Относительная влажность ≥ 80 %	< 60	60–120	121–180	181–240	> 240
Снежный покров	≤ 20	21–60	61–100	101–140	141–180
Туман	≤ 20	21–60	61–100	101–140	141–180
Осадки ≥ 10мм/сутки	≤ 20	21–60	61–100	101–140	141–180
Безморозный период	> 240	181–240	121–180	61–120	≤ 60
Пыльные бури	≤ 80	81–120	121–160	161–200	201–240
Сильный ветер со скоростью ≥ 8м/с	≤ 80	81–120	121–160	161–200	201–240
Ясные и пасмурные дни	≤ 80	81–120	121–160	161–200	201–240
По величине					
Амплитуда температуры воздуха, °С	1–5	6–10	11–15	16–20	> 20
Высота места, м	500–400	400–750	751–1100	1101–1450	> 1450
Тепловые нагрузки (испарение пота, г/ч), июль, 13 ч	≤ 700	701–750	751–800	801–850	> 850

Примечание:

пыльные бури — для критерия рассматривается период III–X=240 дн.;

снежный покров — рассматривается период, когда наблюдается снежный покров X–III=180 дн.;

средняя минимальная температура воздуха — повторяемость температуры ≤ -10 °С; -20 °С; -25 °С;

средняя максимальная температура воздуха — повторяемость температуры ≥ 30 °С; 35 °С; 40 °С;

тепловые нагрузки на человека — выбирались максимальные значения за год

$$K = \frac{C_1 P_1 + C_2 P_2 + C_3 P_3 + \dots + C_n P_n}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}$$

Эти коэффициенты позволили отразить относительную роль каждого элемента среды в формировании условий жизни населения. Относительное сопоставление шкалы балльности в сочетании с коэффициентом значимости выражается единой оценочной формулой, которая, по существу, представляет среднее арифметическое взвешенное,

где К — общая оценка степени воздействия климатических ресурсов на здоровье населения и комфортность, С — оценка в баллах i-го элемента оценки, Р — коэффициент значимости i-го элемента оценки.

В результате был определён интегральный оценочный климатический коэффициент К с учётом введения коэффициента значимости Р для каждого параметра на каждой метеостанции. Средневзвешенный балл даёт представление об общей и относительной степени благоприятности для здоровья и комфортности проживания каждого пункта оцениваемой территории.

Табл. 2. Коэффициенты значимости Р в баллах
Table 2. The coefficients of significance P, in points

Климатический фактор	Коэффициент значимости Р
Тепловые нагрузки (испарение пота, г/ч)	1,0
Средняя максимальная температура воздуха	1,0
Амплитуда температуры	1,0
Высота места	1,0
Относительная влажность $\leq 30\%$	0,72
Пыльные бури	0,67
Сильный ветер со скоростью $\geq 8\text{м/с}$	0,67
Туман	0,61
Осадки	0,61
Относительная влажность $\geq 80\%$	0,55
Средняя минимальная температура воздуха	0,55
Снежный покров	0,5
Ясные дни	0,28
Безморозный период	0,22
Пасмурные дни	0,16

Значения интегрального оценочного коэффициента К по выбранным метеостанциям были нанесены на рабочую разреженную топооснову, на которой путём интерполяции нанесены изолинии одинаковых значений К. В результате анализа удалось выделить отдельные поля с максимальными и минимальными величинами коэффициента К и выявить 5 климатических районов с различной степенью комфортности для жизнедеятельности человека и его здоровья: комфортный (благоприятный), умеренно комфортный (умеренно благоприятный), слабо комфортный (малоблагоприятный), субдискомфортный (неблагоприятный) и дискомфортный (весьма неблагоприятный) районы (рис. 1а). Следует обратить внимание на то, что коэффициенты рассчитывались по данным метеорологических станций, которые расположены в основном в оазисах, а потому не учитывались условия вне их. По этой причине следует предположить, что вне расположения метеостанции (особенно на равнинных территориях) напряжённость условий жизни для населения несколько выше.

Разработанная карта районирования территории по степени влияния климатических характеристик на условия жизни населения может быть использована как первичная информация для оценки климатических ресурсов Узбекистана, связанных с различной степенью комфортности для жизнедеятельности человека.

По результатам анализа карты, на территории республики тяжёлые климатические условия характерны для Навоийской области, северо-западной части Кашкадарьи, некоторых районов Сурхандарьинской области. В целом большая часть равнинной и пустынной территории республики может быть отнесена к условиям субдискомфорта и дискомфорта. Умеренной комфортностью отличается побережье Аральского моря, предгорья Ферганской долины, отдельные районы Сырдарьинской, Самаркандской и Кашкадарьинской областей. Предгорные районы, окаймляющие Среднеазиатский горный

массив, можно отнести к зоне слабой комфортности. Комфортные условия в Узбекистане имеют место отдельными пятнами в предгорных районах, а также в оазисах вдоль рек.

Разработанная шкала для условий жизнедеятельности населения носит условный характер, она разрабатывалась для территории Узбекистана и применима для этой территории. Для других территорий (Туркменистана, Казахстана и др.) значения коэффициентов могут быть иными, хотя методика в целом применима и для районирования других территорий.

По аналогичной технологии была разработана карта районирования климатических ресурсов по степени благоприятности для возделывания сельскохозяйственных культур [Курбанов, 2018 б]. При разработке карты был использован достаточно широкий спектр климатических параметров, характеризующих тепло- и влагообеспеченность как вегетационного периода, так и в целом за год. Были использованы те же справочные материалы, которые применены при разработке карты районирования климатических ресурсов с позиций благоприятности для условий жизни населения. Рассматривались неблагоприятные явления погоды, особенно зимнего периода. Были использованы данные по теплообеспеченности вегетационного периода, увлажнённости территории, условиям зимовки, неблагоприятным климатическим явлениям (пыльные бури и сильный ветер со скоростью $\geq 15\text{ м/с}$). На основе полученных результатов разработана карта оценки климатических ресурсов с позиций благоприятности для сельскохозяйственного производства (рис. 1 б). Разработанная карта представляет самостоятельный интерес и может быть использована как первичная информация для оценки агроклиматических ресурсов на территории Республики Узбекистан. Её анализ показывает, что результаты в целом согласуются с данными¹ [Чуб, 2000] и картой агроклиматического районирования².

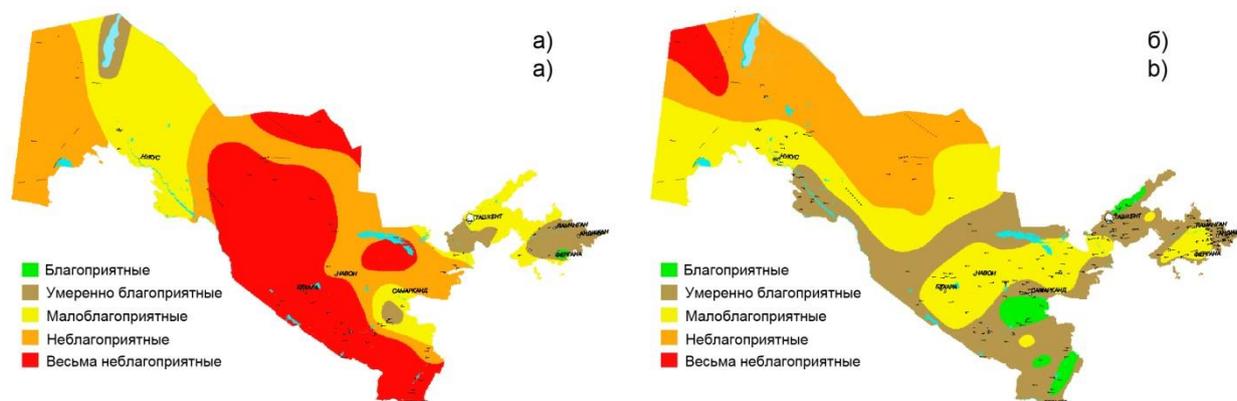


Рис. 1. Оценка климатических ресурсов Узбекистана с позиций благоприятности для условий жизни населения (а) и для сельскохозяйственного производства (б)

Fig. 1. Assessment of climatic resources of Uzbekistan from the standpoint of favorable conditions for the living conditions of the population (a) and for agricultural production (b)

Краткие выводы: при учёте только климатической интегральной оценки $K_{агр}$ большая часть территории республики относится к районам с мало- и умеренно-благоприятными агроклиматическими условиями. Неблагоприятные условия наблюдаются на иссушенной части побережья Аральского моря, территории

¹ Глазырин Г.Е., Чанышева С.Г., Чуб В.Е. Краткий очерк климата Узбекистана. Ташкент: Chinor ENK, 1999. 32 с.

² Атлас Узбекской ССР. Часть первая. Москва–Ташкент: ГУГК СССР, 1982. 124 с.

Каракалпакстана, северной части Навоийской области. Малоблагоприятные районы занимают большую часть территории Бухарской области, южную часть Навоийской, северо-западную часть Кашкадарьинской области, дно Ферганской долины на высотах 100 м и менее. Умеренно-благоприятные районы распространяются на юго-западную часть Кашкадарьинской и Сурхандарьинскую областей, предгорья Ферганской долины, Ташкентскую, Сырдарьинскую и Самаркандскую области. Благоприятные районы наблюдаются в долине Сурхандарьи до нижней её части (до Термеза), в долине Чирчика (до 2 000 м), в западной части Зарафшанской долины.

На основе результатов полевых обследований с применением материалов дистанционного зондирования высокого разрешения, анализа фондовых картографических и статистических материалов нами были разработаны карты районирования территории по степени воздействия почвенных ресурсов на сельскохозяйственную деятельность и здоровье населения. При этом были использованы вышеописанные технологии с применением теории нечётких множеств [Курбанов, 2018 а; 2019 а; б]. На рис. 2 представлены карты районирования почвенных ресурсов по степени влияния на здоровье населения (рис. 2 а) и на возделывание сельхозкультур (рис. 2 б).

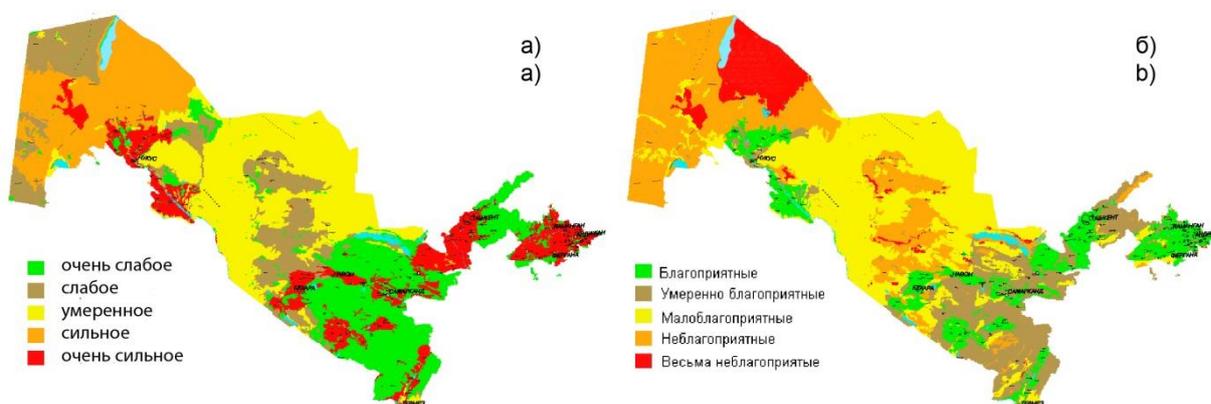


Рис. 2. Карты районирования почвенных ресурсов по степени влияния на здоровье населения (а) и на возделывание сельскохозяйственных культур (б)

Fig. 2. Maps of zoning of soil resources according to the degree of influence on the health of the population (a) and on the cultivation of agricultural crops (b)

Также разработаны карты районирования территории Узбекистана по степени влияния процессов опустынивания на здоровье населения (рис. 3 а) и возделывание сельскохозяйственных культур (рис. 3 б) [Курбанов, 2019 а; б].

Разработка интегральной карты районирования на основе использования тематических карт

Выше было отмечено, что карты районирования, освещающие состояние окружающей среды с различных тематических направлений, вносят неодинаковый вклад в общую картину состояния среды того или иного региона. При создании интегральной карты районирования по степени благоприятности для здоровья населения или сельскохозяйственного производства каждая карта, являющаяся одной из её составных частей, должна иметь весовой множитель в соответствии с решаемыми задачами.

На рис. 4 продемонстрирована технология сложения карт с применением процедуры OVERLAY. Весовые множители для карт районирования климатических и почвенных ресурсов, а также влияния процессов опустынивания с позиций

благоприятности для здоровья населения были определены методом мозгового штурма и составили соответственно 0.62, 0.20 и 0.18 соответственно. Полученные весовые коэффициенты были использованы при сложении оценочных карт районирования и создании интегральной карты с помощью вышеописанной процедуры OVERLAY. На рис. 5 а представлена интегральная карта районирования территории Узбекистана с позиции благоприятности для комфортного проживания и здоровья населения.

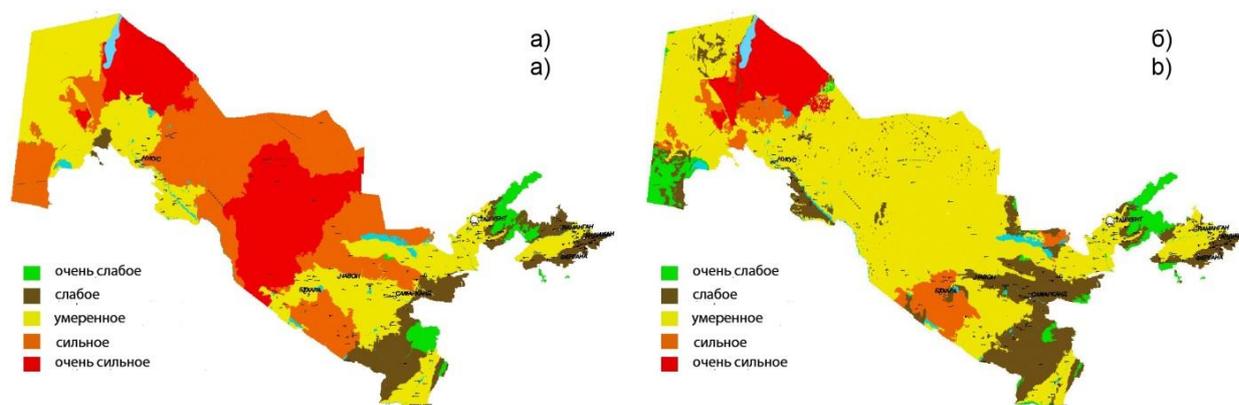


Рис. 3. Карты районирования процессов опустынивания по степени их негативного воздействия на здоровье населения (а) и на возделывание сельскохозяйственных культур (б)

Fig. 3. Maps of zoning of desertification processes by the degree of their negative impact on public health (a) and on crop cultivation (b)

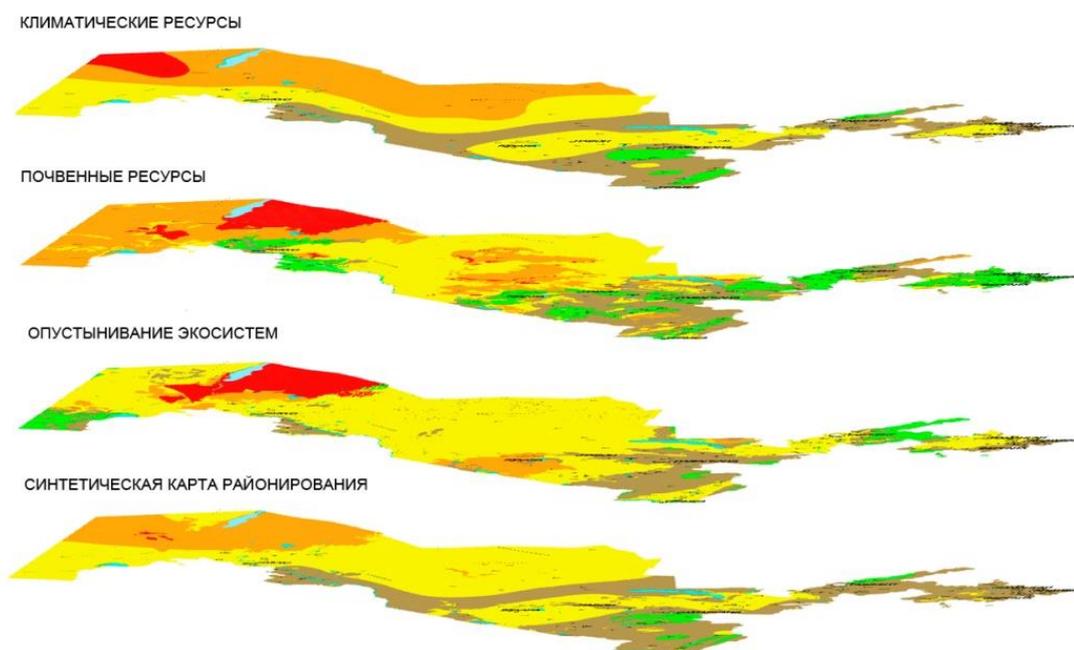


Рис. 4. Технология сложения карт с применением процедуры OVERLAY
Fig. 4. Card folding technology using the OVERLAY procedure

Оценочные карты районирования климатических и почвенных ресурсов, а также влияния процессов опустынивания на сельскохозяйственную деятельность складывались с весами 0.45, 0.42 и 0.13 соответственно. Данные веса также получены методом мозгового штурма с привлечением специалистов в области сельскохозяйственного производства. На рис. 5 б представлена интегральная карта районирования территории Узбекистана с позиции благоприятности для сельскохозяйственного производства.

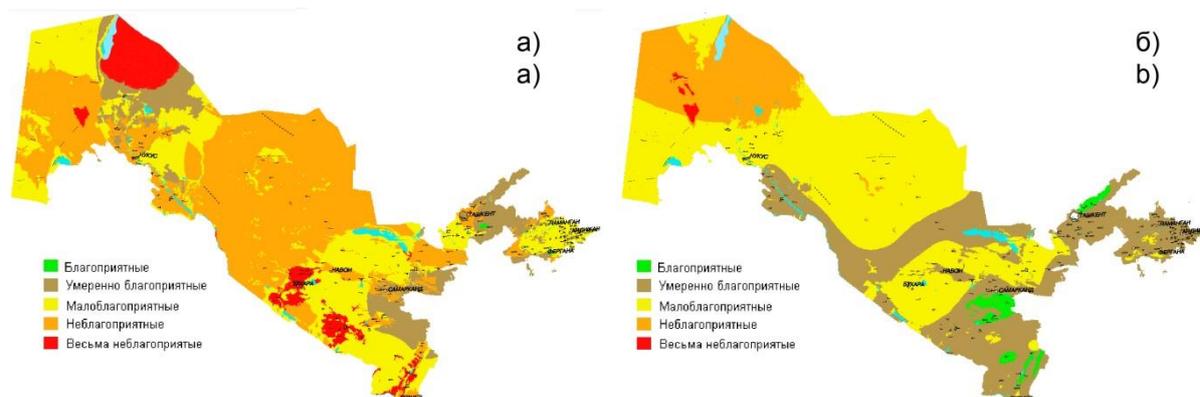


Рис. 5. Разработка интегральных карт районирования территории Узбекистана с позиции благоприятности для здоровья населения (а) и для сельскохозяйственных работ (б)

Fig. 5. Development of integrated zoning maps of the territory of Uzbekistan from the position of favorable for public health (a) and for agricultural work (b)

ВЫВОДЫ

Исследования, проведённые нами в Национальном центре государственных кадастров, геодезии и картографии (НЦГКГК) показали, что использование балльной оценки позволяет более объективно производить сравнительный анализ оцениваемых объектов или явлений. При проведении комплексного анализа состояния окружающей среды появляется возможность получения интегральных оценок с учётом степени важности как отдельных явлений и объектов внутри того или иного используемого тематического направления, так и между этими направлениями.

При проведении исследований использован математический аппарат, который может быть ориентирован на получение результата по материалам, представленным как в качественной, так и в количественной форме. Данный аппарат позволил, с одной стороны, учесть опыт и интуицию исследователя, с другой стороны, найти оптимальный компромисс между возрастающей сложностью анализируемых процессов и требованиями к точности результата исследований.

Наложение оценочных карт различной тематической направленности друг на друга и их комплексный анализ позволили получить интегральную информацию более высокого уровня. Разработанные технологии позволят лицам, принимающим управленческие решения, заострить внимание на проблемных районах, наиболее нуждающихся в улучшении условий жизнедеятельности и здоровья населения. Применение разработанных технологий позволит оптимизировать размещение сельхозкультур, направить инвестиции на наиболее перспективные районы с целью восстановления и улучшения работы ирригационных систем, улучшения качества почвенного покрова и др. В дальнейшем разработанные технологии позволят расширить как круг решаемых задач за счёт включения в анализ новых тематических направлений, так и расширения целей анализа. При решении проблем, связанных с благоприятными условиями для здоровья

населения, целесообразно включение в анализ информации о качестве поверхностных вод, загрязнении атмосферного воздуха и др. При оценке благоприятных условий для сельскохозяйственного производства необходимо прежде всего включение информации о земельных ресурсах с привлечением материалов по бонитировке почв и др.

Разработанные карты районирования по почвенным ресурсам и процессам опустынивания созданы с привлечением преимущественно специалистов НЦГКГК. По их содержанию возможны отдельные спорные моменты. Мы планируем продолжение исследований с расширением круга решаемых задач и привлечением более широкого круга специалистов, что позволит разработать более детальные и достоверные карты.

Главной целью данного исследования была разработка технологических основ комплексного анализа состояния окружающей среды на базе применения методов математического моделирования и возможностей современных ГИС-технологий. В ходе исследования поставленные цели были достигнуты, и разработанные технологии могут быть успешно применены при решении задач анализа и оценки состояния окружающей среды. Результаты исследований будут способствовать рациональному использованию природных ресурсов, оптимальному направлению инвестиционных потоков на решение проблемы подъёма производительности аграрного сектора, улучшения качества жизни населения и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов Ю.Б., Берлянт А.М., Капралов Е.Г., Кошкарёв А.В., Серапинас Б.Б., Филиппов Ю.А. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов. М.: ГИС-Ассоциация, 1999. 204 с.
2. Большаков А.М., Крутько В.Н., Пуцилло Е.В. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. М.: Эдиториал УРСС, 1999. 256 с.
3. Гаевая Т.Я., Писарева В.Н. Экологическая ситуация в Узбекистане. М.: ИГПИ, 1995. Электронный ресурс: <http://igpi.ru/e404.html> (дата обращения 02.03.2019).
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.
5. Кузиев Р.К. К вопросу размещения сельскохозяйственных культур с учётом качества почв. Проблемы рационального использования земельных ресурсов: Материалы научно-производственной конференции, Ташкент, 11–12 сентября 2007 г. Ташкент: Uneck print, 2007 (а). С. 73–75.
6. Кузиев Р.К. Проблемы рационального использования земельных ресурсов Республики Узбекистан и основные направления их научного обеспечения. Проблемы рационального использования земельных ресурсов: Материалы научно-производственной конференции, Ташкент, 11–12 сентября 2007 г. Ташкент: Uneck print, 2007 (б). С. 11–16.
7. Курбанов Б.Т. Оценка почвенно-экологических условий и процессов опустынивания с применением ГИС-технологий. Известия Географического общества Узбекистана. Т. 54. Ташкент: KOLOR PAK, 2018 (а). С. 194–201.
8. Курбанов Б.Т. Комплексная оценка и районирование природных условий Узбекистана с позиций благоприятности для сельского хозяйства на базе ГИС-технологий. Известия Географического общества Узбекистана. Т. 54. Ташкент: KOLOR PAK, 2018 (б). С. 201–210.
9. Курбанов Б.Т. Оценка воздействия процессов опустынивания и почвенных ресурсов на здоровье населения. Ekologiya xabaromasi. № 1. Ташкент: Chinor ENK, 2019 (а). С. 15–19.
10. Курбанов Б.Т. Почвенно-экологическая оценочная карта районирования с позиций воздействия на здоровье населения. Ekologiya xabaromasi. № 3. Ташкент: Chinor ENK, 2019 (б). С. 38–40.
11. Лопатина Е.Б., Назаревский О.Р. Оценка природных условий жизни населения. М.: Наука, 1972. 148 с.

12. *Норматова Ш.А., Аишурова М.Д., Эрматова Г.А., Хожиматов Х.О., Султонов Г.Н., Болтабоев У.А.* Актуальные проблемы экологии и здоровья населения в Узбекистане. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. № 5–2. М.: Литера, 2014. С. 208–211.
13. *Разаков Р.М.* Экологические проблемы Приаралья. Автореферат дисс. на соиск. уч. ст. доктора географических наук (в форме научного доклада). Ташкент: Ташкентский государственный университет имени Мирзо Улугбека, 1997. 89 с.
14. *Рафиков В.А.* Проблемы Аральского моря. Что дальше? Геофизические методы решения актуальных проблем современной сейсмологии: Материалы междунар. науч. конф., посв. 150-летию Ташкентской научно-исследовательской геофизической обсерватории. Ташкент, 15–16 октября 2018 г. Ташкент: Complex print, 2018. С. 377–382.
15. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
16. *Санжеев Э.Д., Михеева А.С., Батомункуев В.С., Дарбалаева Д.А., Жамьянов Д.Ц., Осодоев П.В.* Влияние процессов опустынивания на здоровье населения Монголии (по данным социологических опросов на модельных территориях). Современные проблемы науки и образования, 2013. № 5. Электронный ресурс: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10657> (дата обращения 27.08.2019).
17. *Чуб В.Е.* Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. Ташкент: VORIS-NASHRIYOT, 2000. 253 с.
18. *Sugeno M.* Fuzzy measures and fuzzy integrals: A survey, in fuzzy automata and decision processes. North Holland, New York: M.M. Gupta et al., 1977. P. 89–102.
19. *Teng A.T., Joseph S.A., Shojaee A.R.* Polygon overlay processing: a comparison of pure geometric manipulation and topological overlay processing. Proceedings of 2nd Intern. Symposium of Spatial Data Handling, July 5–10, 1986, Seattle, Washington, U.S.A, N.Y. Seattle: IGU and ICA, 1986. P. 102–119.
20. *Zadeh L.A.* Fuzzy Sets. Information and Control. V. 8. 1965. P. 338–353.

REFERENCES

1. *Baranov Yu.B., Berlyant A.M., Kapralov E.G., Koshkarev A.V., Serapinas B.B., Filippov Yu.A.* Geoinformatics. Explanatory Dictionary of Basic Terms. Moscow: GIS-Association, 1999. 204 p. (in Russian).
2. *Bolshakov A.M., Krut'ko V.N., Putsillo E.V.* Assessment and management of environmental health risks. Moscow: Editorial URSS, 1999. 256 p. (in Russian).
3. *Chub V.E.* Climate change and its impact on the natural resource potential of the Republic of Uzbekistan. Tashkent: VORIS-NASHRIYOT, 2000. 253 p. (in Russian).
4. *Gaevaya T.Ya., Pisareva V.N.* The environmental situation in Uzbekistan. Moscow: ИИПР, 1995. Web resource: <http://igpi.ru/e404.html> (accessed 03/02/2019) (in Russian).
5. *Kurbanov B.T.* Assessment of soil and environmental conditions and desertification processes using GIS technologies. Proceedings of the Geographical Society of Uzbekistan. V. 54. Tashkent: KOLOR PAK, 2018 (a). P. 194–201 (in Russian).
6. *Kurbanov B.T.* A comprehensive assessment and zoning of the natural conditions of Uzbekistan from the perspective of favorable conditions for agriculture based on GIS technologies. Proceedings of the Geographical Society of Uzbekistan. V. 54. Tashkent: KOLOR PAK, 2018 (b). P. 201–210 (in Russian).
7. *Kurbanov B.T.* Assessment of the effects of desertification and soil resources on public health. Ekologiya xabarnomasi. V. 1. Tashkent: Chinor ENK, 2019 (a). P. 15–19 (in Russian).
8. *Kurbanov B.T.* Soil-ecological assessment map of regionalization from the standpoint of impact on public health. Ekologiya xabarnomasi. V. 3. Tashkent: Chinor ENK, 2019 (b). P. 38–40 (in Russian).

9. *Kuziev R.K.* On the issue of agricultural crops taking into account soil quality. Problems of rational use of land resources: Proceedings of scientific-industrial conference. Tashkent, September 11–12, 2007. Tashkent: Uneck print, 2007 (a). P. 73–75 (in Russian).
 10. *Kuziev R.K.* Problems of rational use of land resources of the Republic of Uzbekistan and the main directions of their scientific support. Problems of rational use of land resources: Proceedings of scientific-industrial conference. Tashkent, September 11–12, 2007. Tashkent: Uneck print, 2007 (b). P. 11–16 (in Russian).
 11. *Lopatina E.B., Nazarevsky O.R.* Assessment of the natural conditions of life of the population. Moscow: Nauka, 1972. 148 p (in Russian).
 12. *Normatova Sh.A., Ashurova M.D., Ermatova G.A., Khozhimatov H.O., Sultonov G.N., Boltaboev U.A.* Actual problems of ecology and public health in Uzbekistan. Actual problems of the humanities and natural sciences. V. 5–2. Moscow: Litera, 2014. P. 208–211 (in Russian).
 13. *Rafikov V.A.* The problems of the Aral Sea. What's next? Geophysical methods for solving urgent problems of modern seismology: Proceedings of the International scientific conference, dedicated to the 150th anniversary of the Tashkent Scientific Research Geophysical Observatory. Tashkent, October 15–16, 2018. Tashkent: Complex print, 2018. P. 377–382 (in Russian).
 14. *Razakov R.M.* Ecological problems of the Aral Sea region. Diss. for the degree of doctor of geographical sciences (in the form of a scientific report), Tashkent. Tashkent: Tashkent State University named after Mirzo Ulugbek, 1997. 89 p. (in Russian).
 15. *Reimers N.F.* Nature management: Dictionary-reference book. Moscow: Mysl', 1990. 637 p. (in Russian).
 16. *Sanzheev E.D., Mikheeva A.S., Batomunkuev V.S., Darbalaeva D.A., Zhamyanov D.Ts., Osodoev P.V.* The effect of desertification processes on the health of the population of Mongolia (according to opinion polls in model territories). Modern problems of science and education, 2013. V. 5. Web resource: <http://www.science-education.ru/en/article/view?id=10657> (accessed 08.28.2019) (in Russian).
 17. *Sugeno M.* Fuzzy measures and fuzzy integrals: A survey, in fuzzy automata and decision processes. North Holland, New York: M.M. Gupta et al., 1977. P. 89–102.
 18. *Teng A.T., Joseph S.A., Shojaee A.R.* Polygon overlay processing: a comparison of pure geometric manipulation and topological overlay processing. Proceedings of 2nd Intern. Symposium of Spatial Data Handling, July 5–10, 1986, Seattle, Washington, U.S.A, N.Y. Seattle: IGU and ICA, 1986. P. 102–119.
 19. *Zade L.* The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions. M.: Mir, 1976. 165 p (in Russian).
 20. *Zadeh L.A.* Fuzzy Sets. Information and Control. V. 8. 1965. P. 338–353.
-