

1
НОМЕР

БОНЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ

<http://www.elmag.uran.ru>

БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН

Capreolus pygargus
Сибирская косуля
Жданов С.И.



2021

УЧРЕДИТЕЛЬ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ОРЕНБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

© Коллектив авторов, 2021

УДК 556.3:004.01

Ю.Р. Владов^{1,2}, А.Ю. Владова³, Н.В. Соломатин¹, В.С. Белов¹

ТЕХНОЛОГИЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД БАСЕЙНА РЕКИ ВОДОДЕФИЦИТНОЙ ТЕРРИТОРИИ

¹ Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН (Отдел геоэкологии), Оренбург, Россия

² Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

³ Институт проблем управления РАН, Москва, Россия

На основе информации о параметрах значительного количества (более 1500) водонаблюдательных скважин построены геоинформационная модель, соответствующая технология, гипсометрическая поверхность бассейна реки. Проведено зональное агрегирование территории бассейна и выявлены различные тенденции изменения основных показателей состояния подземных вод для различных зон речного бассейна. По средневзвешенным значениям коэффициента увлажнения и высокой степени достоверной вероятности найдены путем аппроксимации соответствующие аналитические модели.

Полученные результаты нацелены на решение фундаментальной проблемы повышения эффективности использования и функционирования природно-техногенных объектов.

Ключевые слова: водные ресурсы, агрегированные модели, эффективность использования водных ресурсов, подземные воды, вододефицитная территория.

Yu.R. Vladov^{1,2}, A. Yu. Vladova³, N.V. Solomatin¹, V.S. Belov¹

DYNAMICS OF SOIL MOISTURE IN THE WINTER AND SPRING SOWING OF SPRING WHEAT IN THE SOUTHERN PRE URALS

¹ Orenburg Federal Research Center, UB RAS (Geoecology Department), Orenburg, Russia

² Orenburg State University, Orenburg, Russia

³ V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Russia

Based on information on the parameters of a significant number (more than 1500) of water observation wells, a geoinformation model, the corresponding technology, and the hypsometric surface of the river basin were built. The zonal aggregation of the basin territory has been carried out and various trends in the change in the main indicators of the state of groundwater for different zones of the river basin have been revealed. According to the weighted average values of the moisture coefficient and a high degree of confidence, the corresponding analytical models were found by approximation.

The results obtained are aimed at solving the fundamental problem of increasing the efficiency of the use and functioning of natural and technogenic objects.

Key words: water resources, aggregated models, efficiency of water resources use, groundwater, water-scarce area.

Введение

В современный период, когда стоят задачи управления [1], связанные с цифровой экономикой, математизация процессов [2, 3], происходящих на сельскохозяйственных угодьях, актуальная проблема [4, 5]. Известно существенное влияние этих процессов на окружающую среду [6, 7], в том числе, и на состояние подземных вод бассейна реки, поскольку его территория на 90 и более процентов занята сельскохозяйственными угодьями, существенно влияющими на питание и химический состав подземных вод [8, 9, 10].

В природно-техногенных объектах (ПТО) существует множество неоднородных частных показателей [11], развивающихся в разных направлениях и имеющих различную размерность и значимость. Для проведения комплексного анализа состояния подземных вод бассейна реки вододефицитной территории требуются агрегированные модели [2], дающие возможность с наименьшими потерями привести несравнимые пространственные и временные данные к сопоставимому виду. Возникает задача построения агрегированных моделей с ценными эмерджентными свойствами.

Большая масштабность и размерность ПТО требует применения специальных инструментальных средств, и, прежде всего, географических информационных систем (ГИС). Несмотря на многочисленные публикации по построению агрегированных моделей, методологические аспекты этой проблемы остаются недостаточно разработанными. Все это обуславливает актуальность выбранной проблемы.

Для повышения эффективности рассмотрения состояния природно-техногенных объектов, в частности, подземных вод бассейна реки вододефицитной территории необходимо разработать технологию и построить на этой основе геоинформационные агрегированные модели [12]. Следует отметить, что состояние подземных вод бассейна рассмотрено на примере бассейна реки Самары в пределах Оренбургской области.

Материалы и методы исследований

Цель – повышение эффективности идентификации состояния подземных вод бассейна реки, находящегося на вододефицитной территории, за счет построения геоинформационной технологии с использованием соответствующих агрегированных моделей.

Задачи исследования:

- 1) выбрать объект исследования;

2) построить замкнутую границу бассейна реки с учетом водотоков и рельефа грунта;

3) оцифровать наблюдательные водные скважины, расположенные в пределах бассейна реки с учетом его границ;

4) сформировать базу данных с исходными величинами существенных показателей подземных вод;

5) выполнить зональное агрегирование территории бассейна за счет разбиения сначала левобережной части, а затем правобережной части на зоны с представительным количеством наблюдательных скважин в каждой зоне;

6) выполнить статистический анализ изменений существенных показателей подземных вод по зонам в лево- и правобережных частях бассейна реки;

7) предложить принципы формирования управленческой информации.

Рассмотрим реализацию поставленных задач исследования.

Результаты и обсуждение

Для исследования подземных вод бассейна реки, расположенного на вододефицитной территории, выбран бассейн реки Самара.

Река Самара в пределах Оренбургской области имеет протяженность 235 км, а бассейн этой реки затрагивает пять районов области, в частности: Переволоцкий, Новосергиевский, Сорочинский, Тоцкий и Бузулукский. Построена картографическая база бассейна реки Самары с использованием географической информационной системы (ГИС). При этом в качестве топографической основы взяты номенклатурные листы масштаба 1:200000. При построении картографической базы бассейна использованы следующие картографические слои:

- гидрографическая сеть;
- административное деление;
- рельеф (исходными данными являлись горизонтали и высотные отметки, включая урезы воды);
- створ реки;
- скважины.

Выделены наблюдательные скважины левобережной и правобережной частей бассейна реки в пределах Оренбургской области (рис. 1).

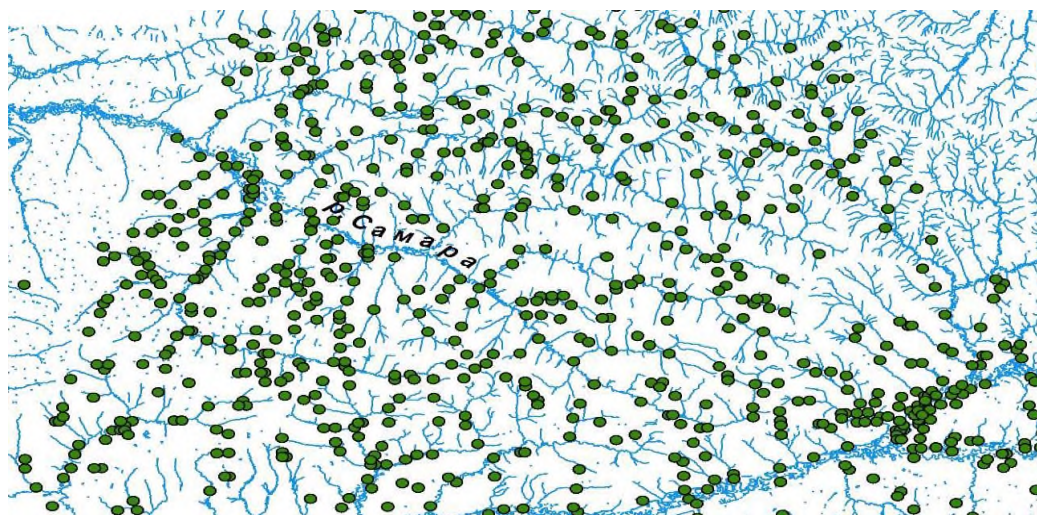


Рис. 1. Наблюдательные скважины, расположенные в пределах Оренбургской области.

С учетом водотоков, принадлежащих бассейну реки, а также рельефа местности построена его полная граница (рис. 2).

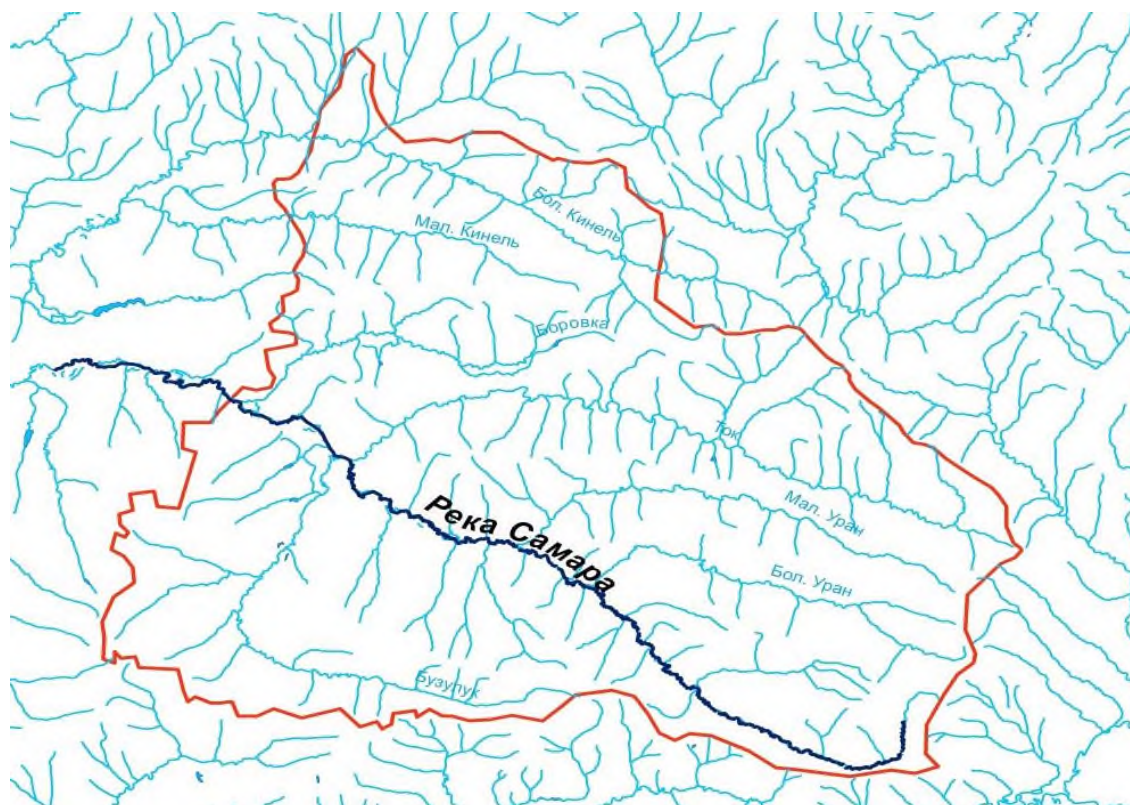


Рис. 2. Построение границы бассейна р. Самара.

Определены площади водосборных бассейнов: общего, по левому и правому берегам (табл. 1).

Для формирования исходных данных собраны паспорта более 1500 наблюдательных скважин, расположенных на территории Оренбургской области. Скважины входили в реестр наблюдательной сети Гидропроекта. На рисунке 1 отображены скважины в пределах Оренбургской области. На ри-

сунке 3 отображены наблюдательные скважины бассейна, расположенные по левому и правому берегам реки Самара.

Таблица 1. Характеристика водосборного бассейна р. Самара, км²

Площади водосборного бассейна	Величины, км ²
Общая площадь	30032
Площадь левобережной части	9149
Площадь правобережной части	20883

По каждой скважине выбрана следующая атрибутивная информация: год ввода скважины в эксплуатацию; номер скважины в реестре; расстояние до реки, м; уровень грунтовых вод, м; удельный дебит, л/с; минерализация или сухой остаток, г/л; сведения о химическом составе воды; координаты скважин, десятичные градусы; глубина скважины, м. Для учета рельефа построена гипсометрическая поверхность бассейна, как самый рациональный способ отображения рельефа земной поверхности с помощью горизонталей, соединяющих точки с одинаковой высотой над уровнем моря.



Рис. 3. Выделение наблюдательных скважин бассейна по левому и правому берегам реки Самара.

Левосторонняя и правосторонняя территории бассейна декомпозированы на зоны с возрастающей нумерацией по мере удаления от реки. Из теоретических соображений выбрано одинаковое количество зон и противоположный характер возрастания номера зоны в стороны удаления от реки (рис. 4).

С использованием ГИС определены площади соответствующих зон и количество наблюдательных скважин в них (табл. 2).

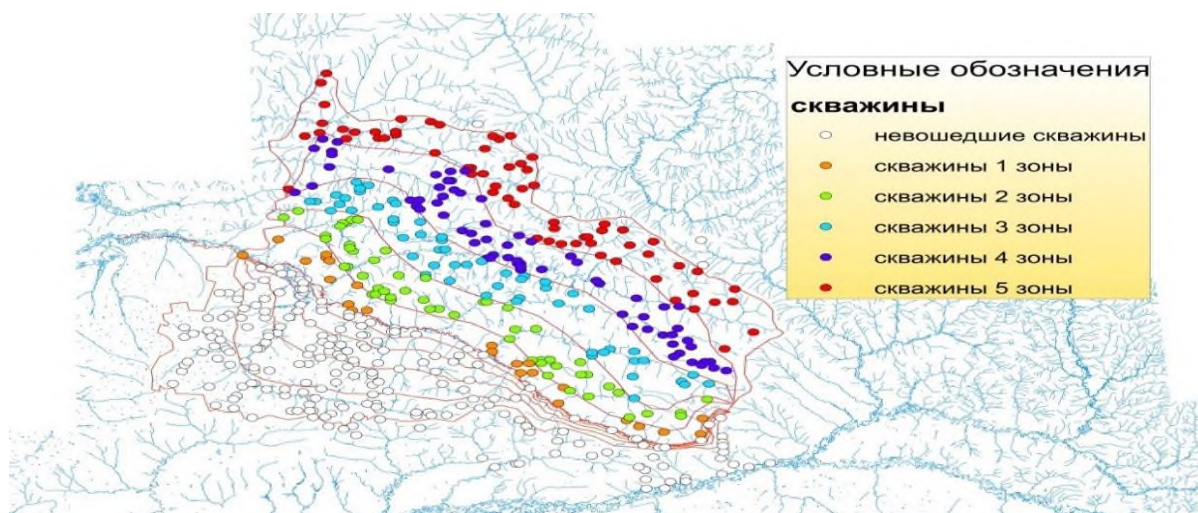


Рис. 4. Агрегирование лево- и правобережной вододефицитной территории бассейна реки на зоны.

Минерализация – наиболее критичный показатель, характеризующий подземные воды бассейна. В соответствии с полученными данными построено распределение минерализации подземных вод бассейна реки (рис. 5). С учетом проведенного агрегирования территории бассейна на зоны получены следующие результаты. На рисунке 6 отображено зональное изменение минерализации, характерное для левобережной части бассейна. Полиномиальная аппроксимация 3-ей степени обеспечивает высокое значение коэффициента детерминации R^2 , показывающего долю дисперсии результативного признака под влиянием независимых переменных. Линейная аппроксимация выделенной кривой свидетельствует об уменьшении в левобережной части величины минерализации по мере удаления от реки. Изменение минимальных и максимальных значений минерализации, а также диапазона ее зональных изменений совместно с их аппроксимациями отражено на рисунке 7.

Таблица 2. Найденные площади зон левобережной части бассейна р. Самара

Зоны левобережной части по мере удаления от реки	1	2	3	4	5
Площадь зоны, км ²	455	862	1535	2439	3858
Количество наблюдательных скважин, вошедших в зоны, шт.	38	29	40	55	80

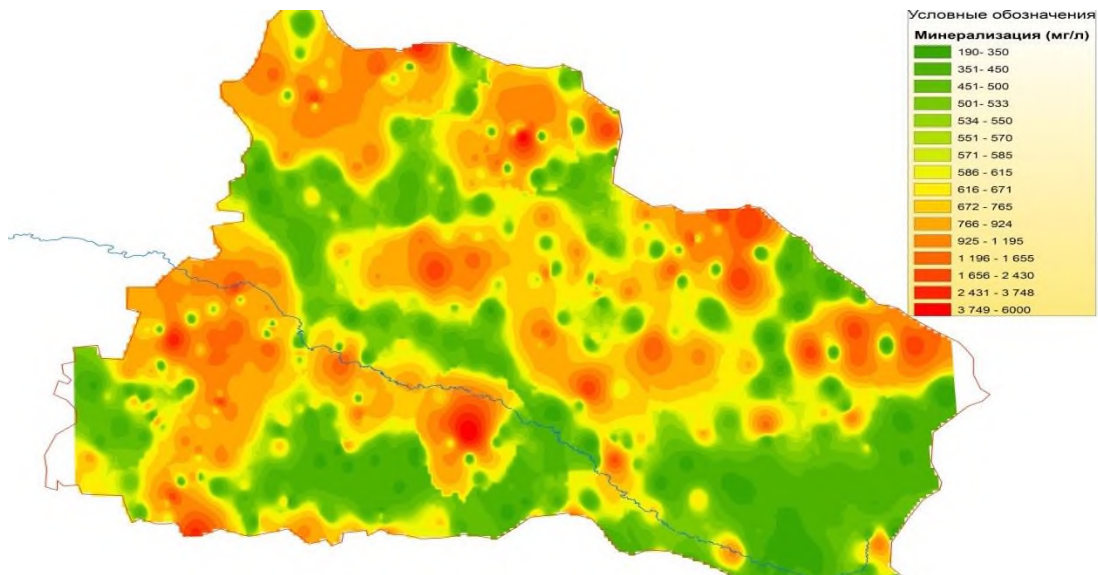


Рис. 5. Распределение минерализации подземных вод бассейна с градацией.

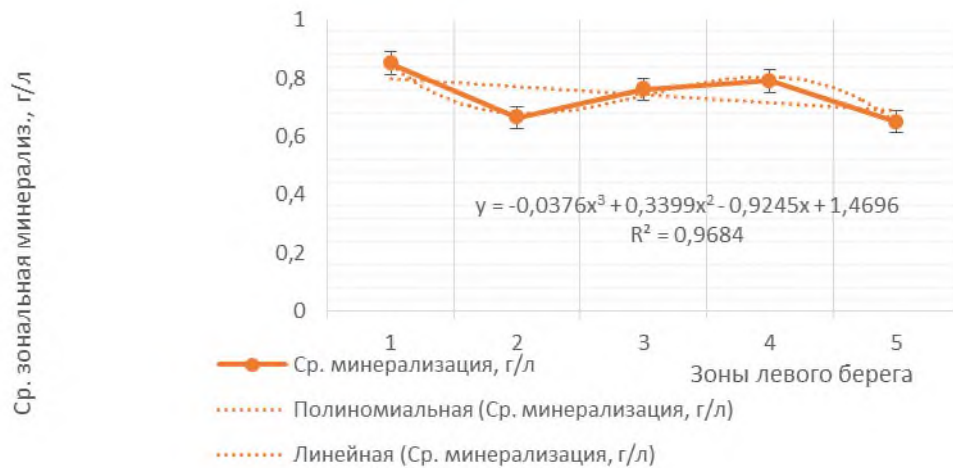


Рис. 6. Кривая изменения средней зональной минерализации для левобережной части по мере удаления от реки (1 - от поймы реки).

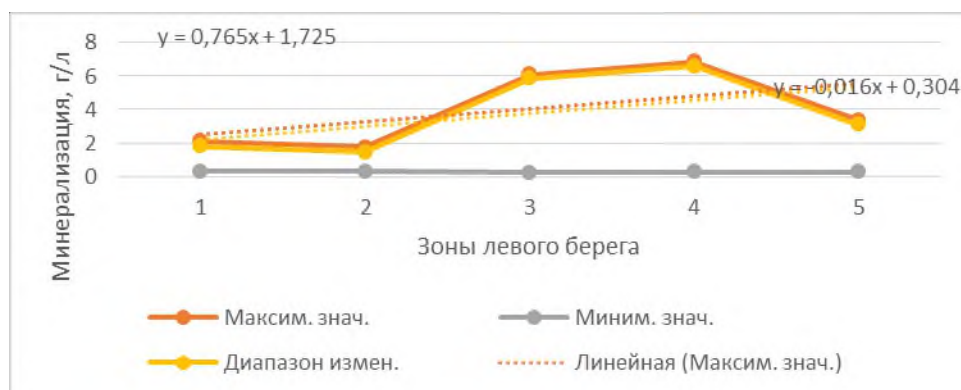


Рис. 7. Графики изменений минимальных и максимальных значений минерализации и диапазона ее зональных изменений (1 – от поймы реки).

Судя по линейной аппроксимации, максимальное значение минерализации для правобережной части и ее диапазон зонального изменения нарас-

тают по мере удаления от реки, в то время как минимальное значение остается примерно на неизменном уровне.

Тенденции, кроме минимального значения, к возрастанию наблюдаются для остальных показателей подземных вод на правобережной части бассейна. Это касается в первую очередь средневзвешенной минерализации (рис. 8), которая по мере увеличения расстояния до реки имеет существенную тенденцию к повышению.

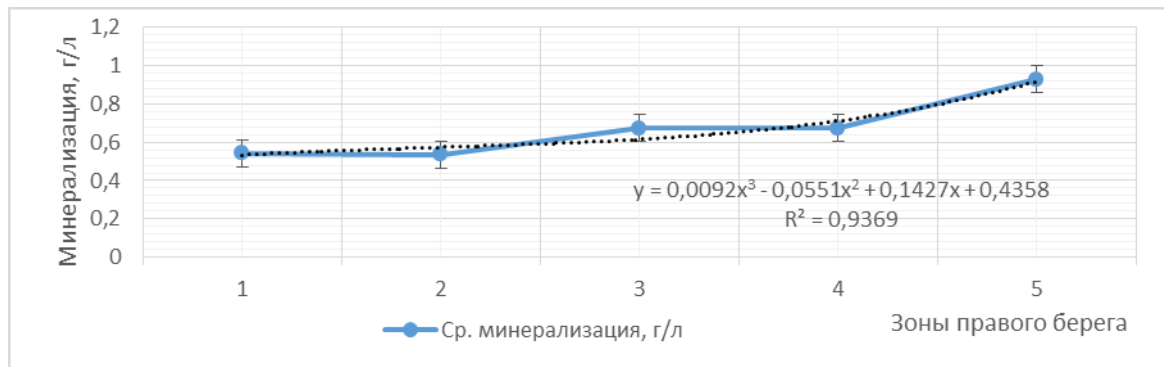


Рис. 8. Зональное изменение средней минерализации на правобережной части бассейна, расположенного на вододефицитной территории (1 – от поймы реки).

Таким образом, из трех способов агрегирования вододефицитной территории по климатическим факторам оптимальным является способ агрегирования по средней температуре января. Разработанные агрегированные модели изменения средне зональных значений минерализации для лево- и правобережной частей вододефицитного бассейна показывают противоположный характер изменений. Если на левой стороне бассейна по мере удаления от реки минерализация подземного стока уменьшается, то на правой части бассейна она изменяется противоположным образом.

Заключение

1. Сформулированы основные закономерности природопользования, а также закономерности антропогенных изменений компонентов природы на вододефицитных территориях с соответствующими принципами управления их состоянием [12]. Разработана классификация состояний объектов исследования, включающая 6 уровней сложности. Предложен новый класс агрегированных географических моделей состояний природно-техногенных объектов и построенных на их основе геоинформационных технологий управления.

2. Разработана методика построения геоинформационной технологии управления состоянием природно-техногенных объектов, расположенных на

вододефицитной территории, основанная на агрегированных географических моделях, относящихся к территориальным и водным компонентам.

3. Для повышения эффективности определения состояния подземных вод бассейна реки, находящегося на вододефицитной территории, разработана соответствующая геоинформационная модель и технология с учетом значительного количества водонаблюдательных скважин. На основе построенной гипсометрической поверхности бассейна и зонального агрегирования территории бассейна выявлены различные тенденции изменения основных показателей состояния подземных вод для различных частей речного бассейна. По средневзвешенным значениям коэффициента увлажнения и высокой степени доверительной вероятности путем аппроксимации найдены соответствующие аналитические модели.

Полученные результаты нацелены на решение фундаментальной проблемы повышения эффективности использования и функционирования природно-техногенных объектов. Значительный научный и практический потенциал предложенных агрегированных географических моделей и геоинформационных технологий управления состоянием природно-техногенных объектов предполагает необходимость дальнейших исследований и обогащения созданного научного направления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кнорринг В.И. Теория, практика и искусство управления. 2-е изд., изм. и доп. М.: Издательство НОРМА ИНФРА - М, 2001. 528 с. \
2. Владов Ю.Р. Построение и моделирование систем интеллектуального управления состоянием техногенных объектов: монография / Ю.Р. Владов, А.Ю. Владова. Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. 243 с.
3. Владова А.Ю. Построение систем интеллектуального управления состоянием техногенных объектов: монография / А.Ю. Владова, Ю.Р. Владов. Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2012. 176 с. \
4. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера / Предисловие Р.К. Баландина. М.: Айрас-пресс, 2004. 576 с.
5. Реймерс Н.Ф. Экология: теории, законы, правила, принципы и гипотезы. М.: Изд-во «Молодая Россия». 1994. 368 с. \
6. Коммонер Б. Замыкающийся круг: Природа, человек, технология : [Пер. с англ.] / [Послесл. акад. Е. К. Федорова, с. 248-278]. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1974, 279 с.
7. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с. \
8. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометеоиздат, 1984. 560 с.
9. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. Учебное пособие. М.: Прогресс-Традиция, 2000. 416 с.
10. Нестеренко Ю.М., Нестеренко М.Ю. Природные воды Южного Урала: формирование и использование. Екатеринбург: УрО РАН, 2016. 244 с.

11. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. 2-е изд., испр. и доп. М.: ИНФРА - М, 2016. 362 с.
12. Природа аридных зон и природопользование [Электронный ресурс]: монография / Ю.М. Нестеренко, Ф.Г. Бакиров, М.Ю. Нестеренко, Ю.Р. Владов, Д.Г. Поляков, А.Г. Соколов, А.В. Халин, А.В. Цвяк; под ред. Ю.М. Нестеренко; отдел геоэкологии Оренбургского ФИЦ УрО РАН. СПб.: Научно-интенсивные технологии, 2020. 289 с.

Получена 15 марта 2021 г.

(Контактная информация:

Владов Юрий Рафаилович – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела геоэкологии Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН; адрес: 460014, Оренбург, ул. Набережная, д. 29, а/я 59; Тел./факс (3532) 77-06-60; e-mail: geocol-onc@mail.ru;

Владова Алла Юрьевна – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем управления РАН; адрес: 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65; Тел./факс +79264739565; e-mail: avladova@mail.ru;

Соломатин Николай Владиславович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела геоэкологии Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН;

Белов Владимир Сергеевич – научный сотрудник отдела геоэкологии Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН)

LITERATURE

1. Knorring V.I. Theory, practice and art of management. 2nd ed., Rev. and add. M.: Publishing house NORMA INFRA - M, 2001. 528 p.
2. Vladov Yu.R. Construction and modeling of systems for intelligent control of the state of technogenic objects: monograph / Yu.R. Vladov, A. Yu. Vladova. Orenburg: LLC IPK "University", 2013. 243 p.
3. Vladova A.Yu. Construction of intelligent control systems for the state of technogenic objects: monograph / A.Yu. Vladova, Yu.R. Vladov. Orenburg: LLC IPK "Universitet", 2012. 176 p.
4. Vernadsky V.I. Biosphere and noosphere / Preface by R.K. Balandin. M.: Ayras-press, 2004. 576 p.
5. Reimers N.F. Ecology: theories, laws, rules, principles and hypotheses. M.: Publishing house "Young Russia". 1994. 368 p.
6. Commoner B. Closing circle: Nature, man, technology: [Per. from English] / [By-slasl. acad. E.K. Fedorova, p. 248-278]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974, 279 p.
7. Odum Y. Fundamentals of ecology. Moscow: Mir, 1975. 740 p.
8. Israel Yu.A. Ecology and control of the state of the natural environment. Moscow: Gidrometeoizdat, 1984. 560 p.
9. Danilov-Danilyan V.I., Losev K.S. Environmental challenge and sustainable development. Tutorial. M.: Progress-Tradition, 2000. 416 p.
10. Nesterenko Yu.M., Nesterenko M.Yu. Natural waters of the Southern Urals: formation and use. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2016. 244 p.
11. Kochurov B.I. Ecological diagnostics and balanced development. 2nd ed., Rev. and add. M.: INFRA - M, 2016. 362 p.
12. The nature of arid zones and environmental management [Electronic resource]: monograph / Yu.M. Nesterenko, F.G. Bakirov, M. Yu. Nesterenko, Yu.R. Vladov, D.G. Polyakov, A.G. Sokolov, A.V. Khalin, A.V. Tsvyak; ed. Yu.M. Nesterenko; Department of Geoecology of the Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. SPb.: Science-intensive technologies, 2020. 289 p.

Образец ссылки на статью:

Владов Ю.Р., Владова А.Ю., Соломатин Н.В., Белов В.С.. Технология идентификации состояния подземных вод бассейна реки вододефицитной территории. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН 2021. 1: 10с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2021-1/Articles/VYR-2021-1.pdf>). DOI: **10.24411/2304-9081-2021-11004**