

УДК 911.2: 74.9

DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.038>**Алиев Бахрам Гусейн оглу, Гусейнова Севиндж Ровшан гызы**

Газахский филиал Бакинского Государственного Университета, Азербайджанская Республика, г. Газах

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ОПУСТЫНИВАНИЕ АПШЕРОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ****Алиев Бахрам Гусейн оглу, Гусейнова Севиндж Ровшан гизи**

Газахська філія Бакинського державного університету, Азербайджанська Республіка, Газах

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ПРИРОДНИХ ТА АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА ОПУСТЕЛЮВАННЯ АПШЕРОНСЬКОГО ПІВОСТРОВА В АЗЕРБАЙДЖАНСЬКІЙ РЕСПУБЛІЦІ**

В статті визначено й розглянуто основні чинники, що впливають на процеси опустелювання на Апшеронському півострові – природні, в т.ч. парникові гази, та антропогенні. Антропогенний вплив визначається щільністю населення, вирубкою лісів, нерациональним використанням сільськогосподарських угідь, нерегульованим випасом худоби, забрудненням об'єктами нафтогазової промисловості тощо. Метою цього дослідження є розробка математичного моделювання для оцінювання впливу природних і антропогенних чинників на процес опустелювання у їх взаємозв'язку. Застосовано метод математичного моделювання, розроблений під керівництвом проф. Б.Г. Алієва. Основним, але не єдиним критерієм, який використано в статті для вибору методів цього дослідження, є їх здатність вказувати на створення умов забезпечення ґрунтовою вологою рослин протягом вегетаційного періоду.

**Ключові слова:** опустелювання; глобальне потепління; температура ґрунту; ерозія; дефляція; математична модель.

**Aliyev Bahram Huseyn oglu, Guseinova Sevindzh Rovshan gizi**

Gazakh branch of Baku State University, Azerbaijan Republic, Gazakh City

**EVALUATION OF THE INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS ON DESERTIFICATION OF THE ABSHERON PENINSULA IN AZERBAIJAN REPUBLIC**

The article defines and examines the main factors that influence the processes of desertification on the Absheron Peninsula - natural, including greenhouse gases, and anthropogenic. Anthropogenic impact is determined by population density, deforestation, irrational use of agricultural land, unregulated grazing of livestock, contamination of oil and gas industry objects, etc. The purpose of this study is to develop mathematical modeling. The method of mathematical modeling, developed under the guidance of prof. B.G. Aliyev was applied to evaluate the influence of natural and anthropogenic factors on the process of desertification, their relationship. The main, but not the only criterion used in the article to choose the methods of this study, is their ability to indicate the conditions for providing soil moisture during the growing season.

**Keywords:** desertification; global warming; soil temperature; erosion; deflation; mathematical model.

**Введение**

Проблема опустынивания и деградации земель весьма остро стоит и во многих странах, в т.ч. СНГ. Опустынивание является одной из основных проблем среднеазиатских республик – Казахстана, Киргизии, Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана. В этих странах серьезнейшие процессы деградации земель происходят вследствие перевыпаса скота на пастбищах, эрозии почвы, засоления орошаемых земель, опустынивания. По имеющимся данным, к настоящему времени 70% территории Туркменистана превратилось в пустыню, лесистость уменьшилась на 32%, а 37%

территории этой страны подвержены засолению. В Узбекистане опустынено 50% всех орошаемых земель. В Кыргызской Республике деградацией и опустыниванием охвачено 70,6% территории, за 70 лет площадь лесов здесь сократилась на 35%. В Республике Таджикистан процессы деградации и опустынивания характерны для 97,9% территории, в т.ч. в сильной и средней степени – 88,7%. На огромной территории пахотных земель Казахстана развита сильнейшая ветровая эрозия.

В исследованиях в этом направлении, проведенных в последние годы такими учеными как А.М. Аджиев, Э. М.-Р. Мирзоев, М. А. Баламирзоев, А. К. Саидов, Г. Н. Гасанов, А. Г. Бабаев, Л. В. Будажанов, А. С. Бюггуев, К. Н. Кулик, А. Ковалевич, Г. В. Добровольский и другими,

определены некоторые нарастающие тенденции опустынивания на территории стран СНГ [1-6].

По сведениям российского ученого Г.С. Куста (1999), в мире подвержено опустыниванию или воздействию причин опустынивания около 7,2 % от площади планеты [7]. В этом контексте эколого-экономический ущерб от опустынивания сельскохозяйственных угодий на Апшеронском полуострове Азербайджанской Республики в последние 15-20 лет тоже значителен.

Исследование проявлений опустынивания на столь значительной площади требует разработки современных подходов к диагностике этого явления. Большинство современных работ, посвященных оценке опустынивания, основываются на изучении картографических и эколого-генетических параметров, при этом изучению почвенной составляющей опустынивания практически не уделяется особого внимания [7].

Однако ученые склонны думать, что второй фактор наиболее вероятный. Так, С. Степаненко отмечает, что в 2005 г. был опубликован отчет комиссии ООН «Перед лицом климатических изменений»; в нем отмечен возможный критический показатель глобального потепления, в случае достижения которого на планете произойдут скачкообразные необратимые изменения. Это повышение среднемировой температуры воздуха на 2 °С по сравнению с доиндустриальной эрой.

По мнению ученых, при переходе через критическую черту 2 °С «пробуждаются» физические механизмы, действие которых приведет даже без человеческого вмешательства к усилению парникового эффекта, будет наблюдаться необратимое состояние атмосферы, сопровождающееся климатическими катаклизмами. Известно, что растворимость газов в воде уменьшается при повышении её температуры, а в Мировом океане содержание углекислого газа значительно превышает его содержание в атмосфере. При повышении температуры воды Мирового океана в атмосферу выделяется значительное количество углекислого газа, усиливающего парниковый эффект.

Такую цепную реакцию уже не остановить. За повышением температуры воздуха последует дальнейшее повышение температуры Мирового океана. С другой стороны, при глобальном потеплении в атмосфере будет увеличиваться содержание водяного пара, который является более сильным парниковым газом, чем CO<sub>2</sub>. А повышение средней температуры Земли приведёт к

таянию вечной мерзлоты, в результате которого в северных регионах образуются болота, а вслед за этим увеличивается выброс в атмосферу парникового газа метана, скорость перемещения которого в атмосфере высока.

Метан – легкий газ, он быстро попадает с земной поверхности на границу тропосферы и стратосферы. Под действием солнечных лучей метан разлагается на водород и углерод, который, соединяясь с кислородом, образует диоксид углерода (CO<sub>2</sub>).

Цель данного исследования – проанализировать воздействие природных и антропогенных факторов, в том числе парниковых газов, на процесс опустынивания сельскохозяйственных угодий на Апшеронском полуострове в Азербайджанской Республике на основе трудов Б.Г.Алиева, А. Г. Бабаева и других и разработка математического моделирования для оценки влияния этих факторов.

Для решения проблемы опустынивания необходимо проанализировать все факторы (антропогенные и природные), влияющие на этот процесс. Поэтому следует рассмотреть основные критерии в их взаимосвязи с применением метода моделирования.

### Материалы и методы исследования

Глобальное потепление влечет за собой глобальные изменения во всех сферах жизнедеятельности: в сельском хозяйстве, медицине, экономике, строительстве и т.д. Негативные изменения в сельском хозяйстве, сопровождающиеся климатическими аномалиями, приводят к деградации растительного и почвенного покровов. Этому способствует также уничтожение лесного покрова, интенсивное использование земель для постройки жилья, ненормированный выпас скота и т.д. Перечисленные антропогенные факторы приводят к деградации земель и опустыниванию территории.

В связи с большими потерями продуктивных земель процесс опустынивания имеет глобальный характер и привлекает внимание Организации Объединённых Наций [8]. К изучению нарастающих процессов опустынивания привлечены специалисты и ученые многих стран.

На территории Азербайджана этот процесс характерен для Апшеронского полуострова, Кура-Аразской низменности и Нахчиванской АР.

На Апшеронском полуострове одним из основных факторов развития опустынивания является

антропогенная нагрузка: плотность населения, вырубка лесных массивов, нерациональное использование почвенного покрова, ненормированный выпас скота, деградация растительности, нефтегазодобывающая и химическая промышленность и другие. Учитывая создавшуюся ситуацию, профессор Б. Г. Алиев в математическом моделировании Апшеронского полуострова по трем населенным пунктам (пос. Аляты, Маштаги и г.Сумгаит) дал оценку надёжной модели восстановления природы исследуемого региона [9].

Существует множество методов, оценивающих качественные показатели почв (химические, физические, биологические), а также степень деградации почв по различным критериям (засоление, осолонцевание и т.п.). Основным, но не единственным используемым в статье критерием отбора методов настоящего исследования является способность этих методов указывать на создание условий недостатка почвенной влаги для растений в вегетационный период.

В этой связи опишем некоторые методы оценки водно-физических свойств почв, использованные в ходе данного исследования (ОГХ- количественная характеристика водоудерживающей способности почв; водопрочность агрегатов; гранулометрический состав и т.п.). Определение гранулометрического состава методом лазерной дифрактометрии, распределения частиц по размерам методом лазерной дифракции основано на эффекте рассеяния электромагнитных волн. Для определения плотности почв был применен буровой метод. Для определения водопрочности почвенных агрегатов был использован метод Н.А.Качинского, основанный на учете количества расплывшихся почвенных агрегатов в стоячей воде в определенные интервалы времени [10].

Пустыня ( $W$ ) объединяет участки ( $R_i$ ), отличающиеся небольшой густотой растительного покрова ( $P$ ); скорость изменения площади имеет нижеследующие уравнение:

$$\frac{dS}{dt} = N + A \quad (1)$$

где  $N$  - природные явления;  $A$  - антропогенные процессы;  $d$  - скорость изменения,  $S$  - площадь;  $t$  - изменения во времени.

Опустынивание вычисляется по следующей формуле:

$$W = \{R_i | P < P_{\min}\} \quad (2)$$

где  $P$  - характеристика густоты растительного покрова,  $R_i$  - региональные участки,  $W$  - пустыня.

Задача, представленная уравнением, имеет следующие особенности:

- изменения опустыненной площади описываются дифференциальными алгебраическими и трансцендентными уравнениями [11].

- изменения, происходящие вследствие антропогенной деятельности, могут быть описаны только в терминах экспертных оценок, но оценка последствий антропогенной деятельности, в свою очередь, требует применения методов математического моделирования, упомянутого выше.

При оценивании влияния природных условий на опустынивание принимается: площадь пустыни равна сумме площадей участков:

$$S_w = \sum S_{wi} \div w_i \quad (3)$$

где  $S_w$  - площадь пустыни,  $W$  - пустыня.

Учитывая (3), выражение (1) целесообразно рассматривать в следующем виде:

$$\frac{dS_w}{dt} = \sum_{w_i < w} N_i + \sum_{w_i < w} A_i \quad (4)$$

в котором суммирование в правых частях уравнения ведётся по участкам опустынивания рассматриваемой территории.

Опустынивание под влиянием природных факторов связано с такими процессами: недостаточная влажность почвы; засоление и карбонатизация почвы; недостаточность гумуса ( $\Gamma$ ) в почве; развитие природной эрозии почвы; развитие антропогенных факторов.

Отсюда следует, что прежде всего представляет интерес построение и изучение основополагающей зависимости:

$$\rho = \xi\beta g + \zeta\Gamma + vB_a + \eta S_g + \lambda C_g + \mu G + \theta\Delta \quad (5)$$

где  $\xi, \zeta, v, \eta, \lambda, \mu, \theta$  - эмпирические коэффициенты, которые должны быть определены для рассматриваемого региона:  $\Gamma$  - количество гумуса,  $G$  - эрозия почвы,  $\Delta$  - дефляция,  $B_a$  - влажность атмосферного воздуха,  $S_g$  - интенсивность карбонатизации почвы.

Параметры модели (5) могут быть легко идентифицированы методом множественной регрессии. При этом параметры  $\xi, \zeta, v, \eta, \lambda, \mu, \theta$  образуют вектор, который оценивается решением системы нормальных уравнений с использованием опытных данных  $\beta, \Gamma, B_a, S_g, C_g, G, d$ . Модель позволяет учитывать изменения плотности растительного покрова, плодородность почвы (характеризуется значением « $p$ ») и может отображать любой из перечисленных ниже и доступных для контроля показателей в расчете на 1 га:  $p_j$  - количество рас-

тений;  $p_2$  – объем корней;  $p_3$  – вес плодов;  $p_4$  – объем надземной части растений;  $p_5$  – средний рост растений;  $p_6$  – суммарный вес плодов на площади;  $p_7$  – суммарный объем надземной части растительного покрова.

Эти показатели не являются универсальными и зависят от типа растений, составляющих растительный покров конкретного региона.

Альтернативой модели (5), которая требует сбора большого статистического материала, может быть её репараметризация в виде:

$$S = \sum_i S_{w_i}(\beta_i < \beta_{\min}) + \sum_I S_{w_I}(\Gamma_I < \Gamma_{\min}) + \sum_K S_{w_K}(S_K < S_{\max}) + \sum_I S_{w_I}(C_I < C_{\max}) + \sum_m S_{w_m}(C_m > C_{\max}) + \sum_n S_n(G_n) \quad (6)$$

где  $G$  – эрозия почвы,  $S_w$  – площадь пустыни,  $W$  – пустыня,  $\beta$ ,  $\Gamma$ ,  $B_a$ ,  $S_g$ ,  $C_g$ ,  $G$ ,  $d$  – опытные данные.

Недостатком этой модели являются: потенциально меньшая ее точность; отсутствие учета взаимодействия факторов.

Преимущество модели (6) – меньше требований к объему статистического материала.

Процесс опустынивания является развивающимся во времени, поэтому для его описания используются дифференциальные уравнения в комбинации с иными способами описания. Условия установившегося стационарного состояния могут быть получены путем приравнивания к нулю правых частей системы дифференциальных уравнений [12, с.3].

*Модель результата антропогенной деятельности.* Последствия антропогенного воздействия на природу выражаются в:

- опустынивании некоторой площади за счёт неконтролируемого выпаса скота;
- опустынивании некоторой площади за счёт неконтролируемой вырубке лесов и кустарников;
- изменении состава растительного покрова.

Эти процессы характеризуются: местом протекания; объемом; характером; последствиями.

Процессы опустынивание некоторой площади за счёт неконтролируемого выпаса скота и неконтролируемой вырубке, изменения состава растительного покрова сами по себе не подлежат моделированию, следует моделировать их последствия.

## Результаты исследования и их обсуждение

При оценке влияния антропогенных факторов (АФ) необходима база знаний (БЗ), отображающая результаты работы экспертов. БЗ в данном случае представляет систему вопросов, ставящихся перед экспертами, и ответов на них каждого из них. В зависимости от типа АФ необходима оценка его последствий, которая может быть неоднозначной. Потребуется обращения к блоку природы [11, 13].

Оценка возможности восстановления природы определяется в комбинации данных блока природы и ответов экспертов. При этом целесообразно использовать аппарат «Черной доски», который позволяет видеть, каким путём получен вывод. Ответы на вопросы экспертов при этом рекомендуется структурировать в таблице.

В левой части таблицы изложены позиции для оценивания экспертов:

- Степень опустынивания объекта под влиянием антропогенной деятельности (неконтролируемый выпас скота и неконтролируемые вырубки, изменения состава растительного покрова):

- Не влияет
- Влияет
  - Очень слабо
  - Слабо
  - Сильно
  - Очень сильно

- Полная пустыня
- Нет возможности восстановления.

В правой части таблицы даны заключения экспертов: Возможно; Весьма возможно; Явно; Бесспорно.

В связи с тем, что при рассмотрении задачи невозможно обойтись без учёта АФ, целесообразно использовать аппарат теории нечетких множеств и возможности функций принадлежности (ФП).

Как известно, ФПМ  $F \in [0,1]$ . В этом смысле ФП совпадают с вероятностями, но их сумма не обязательно равна 1.

С применением дифференциального уравнения описаны карбонатизация почвы, температура почвы, температура воздуха, эрозия почвы, дефляция, глубина залегания подземных вод и другие. При математическом моделировании каждого из указанных процессов дана оценка влияния процесса опустынивания на исследуемый регион и выбраны параметры его восстановления [13].

## Выводы

Изучение влияния антропогенных и природных факторов на процессы опустынивания путем моделирования дает возможность подтвердить

правильность оценки ареала и степень опустынивания в условиях Апшеронского полуострова Азербайджана и разработать методы борьбы с этим явлением.

Причина этого выбора состоит в том, что прямые измерения величин влажности и физических свойств оказываются достоверно сравнимыми для целей оценки опустынивания и деградации почв только в одинаковых или близких условиях почвообразования и функционирования почв, и единый параметр для оценки степени деградации почв через условия, определяющие недостаток влаги для растений, трудно подобрать даже

из числа таких свойств как плотность, влажность, структура, гранулометрический и микроагрегатный состав и другие.

Важным свойством почвы является водоудерживающая способность - ее основная гидрофизическая характеристика (ОГХ). Экспериментальные данные для построения ОГХ были получены методом равновесного центрифугирования. Водоудерживающая способность почвы, отображающая доступность влаги для растений, может быть и сравнительным интегральным показателем степени аридизации почв, диагностическим критерием опустынивания.

### References [Литература]

1. Adzhiev A.M., Mirzoev E. M.-R., Balamirzoev M.A., Saidov A.K., Gasanov G.N. (1998). Agroecological program Barkhan to combat desertification of the Western Caspian, *Arid ecosystems*. Moscow, Vol 4, 9. 63-67. [In Russian].  
[Агроэкологическая программа «Бархан» по борьбе с опустыниванием земель Западного Прикаспия / А. М. Аджиев, Э. М.-Р. Мирзоев, М. А. Баламирзоев, А. К. Саидов, Г. Н. Гасанов // Аридные экосистемы. Москва, 1998. Т. 4, № 9. С. 63-67.]
2. Babayev A.G. (2004). Desertification, as a branch of geographical science, in the collection. *Soils, biogeochemical cycles and the biosphere*. Moscow. [In Russian].  
[Бабаев А. Г. Пустыневедение, как отрасль географической науки // Почвы, биогеохимические циклы и биосфера. Москва, 2004. С. 21.]
3. Budaganov L.V., Bugguev A.C. (2005). Monitoring of mineral pool of soil nitrogen dry steppe. *Between people scientific and practical work. Conf.* Irkutsk, 16-20. [In Russian].  
[Будажанов Л. В., Бюгуев А. С. Мониторинг минерального пула почвенного азота сухой степи // Междунар. научно-практ. конф. Иркутск, 2005. С. 16-20.]
4. Kulik K.N. (2004). Regional climate change and the problems of land degradation and desertification, in book. *Global manifestations of climate change in the agro-industrial sphere*. Moskov, 45-64. [In Russian].  
[Кулик К. Н. Региональные изменения климата и проблемы деградации и опустынивания ландшафтов // Глобальные проявления изменений климата в агропромышленной сфере. Москва, 2004. С. 45-64.]
5. Kovalevich A. (2010). Desertification and land degradation in the CIS countries. *Forest and Hunting Economy*. Minsk, 2, 18. [In Russian].  
[Ковалевич А. Опустынивание и деградация земель в странах СНГ // Лесное и охотничье хозяйство. Минск, 2010. № 2. С. 18.]
6. Dobrovolsky G.V. (2002). *Degradation and protection of soils*. Moscow. [In Russian].  
[Добровольский Г. В. Деградация и охрана почв. Москва, 2002. 654 с.]
7. Kust G.S. (1999). *Desertification: principles of ecological-genetic assessment and mapping*. Moscow. [In Russian].  
[Куст Г. С. Опустынивание: принципы эколого-генетической оценки и картографирования. Москва, 1999. 362 с.]
8. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. (1992), N-Y. Adopted on 9 May.  
[Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата. Принята 9 мая 1992 года.]
9. Aliev B.G. (2005). *The problem of desertification in Azerbaijan and the ways of its solution*. Baku. [In Russian].  
[Алиев Б.Г. Проблема опустынивания в Азербайджане и пути ее решения. Баку, 2005. 670 с.]
10. Kachinsky N.A. (1958). *Mechanical and micro-aggregate composition of soil, methods of its study*. Moscow. [In Russian].  
[Качинский Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы ее изучения. Москва, 1958. 150 с.]
11. Scheffe G. (1980). *Dispersion Analysis*. Moscow. [In Russian].  
[Шеффе Г. Дисперсионный анализ. Москва, 1980. 512 с.]
12. Dreiper N., Smith G. (1986). *Applied regression analysis*. In the 2-d. Book 1. Moscow. [In Russian].  
[Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. В 2-х кн. Книга 1. Москва, 1986. 366 с.]
13. Schmetterer L. (1976). *Introduction to mathematical statistics*. Moscow. [In Russian].  
[Шметтерер Л. Введение в математическую статистику. Москва, 1976. 520 с.]

Статья поступила в редакцию 3.04.2018