

УДК 528.94:528.88

**РАЗРАБОТКА НОВОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ИНДЕКСА  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПОВ БЕСПЛОДНЫХ  
ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЗОНЕ ЗАГРУЗОЧНОГО  
ТЕРМИНАЛА МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА**

**DEVELOPMENT OF A NEW SPECTRAL INDEX  
FOR IDENTIFYING TYPES OF FREE DEGRADED LANDS  
IN THE ZONE OF THE LOADING TERMINAL  
OF A MAIN OIL PIPELINE**

**Х.М. Насиров**

**Государственная нефтяная компания Азербайджанской Республики,  
г. Баку, Азербайджанская Республика**

**Habib M. Nasirov**

**State Oil Company of Azerbaijan Republic, Baku, Azerbaijan Republic**

**e-mail: nasirovhabib@mail.ru**

**Аннотация.** В настоящее время имеется необходимость разработки специальных спектральных индексов состояния земли, позволяющих четко отличить беспочвенные и неплодородные участки, в которых по естественным климатическим и гидрологическим причинам сельскохозяйственная деятельность невозможна, от земельных участков, которые из-за воздействия антропогенных, урбанизационных процессов пришли в негодность. Автором проанализированы вопросы разработки нового спектрального индекса для определения типов бесплодных деградированных земельных участков.

Охарактеризованы основные типы бесплодных земельных участков, рассмотрены возможности их спектральной идентификации. Предложен

новый спектральный индекс оценки состояния бесплодных земельных участков. Показано, что предложенный индекс обладает существенным преимуществом по сравнению с известным индексом в смысле обнаружения свободной почвы на фоне застроенных участков. Обосновано преимущество перехода от известного индекса к вновь предложенному индексу.

**Abstract.** Currently, there is a need to develop special spectral indices of the state of the earth, which make it possible to clearly distinguish between baseless and infertile plots in which agricultural activity is impossible due to natural climatic and hydrological reasons, from plots of land that have become unusable due to anthropogenic and urban processes. The author analyzes the development of a new spectral index to determine the barren degraded land types.

The main barren land types are characterized, the possibilities of their spectral identification are considered. A new spectral index for assessing the barren land status is proposed. It is shown that the proposed index has a significant advantage over the known index in the sense of detecting free soil against the background of built-up areas. The advantage of the transition from a known index to a newly proposed index is substantiated.

**Ключевые слова:** деградация; почва; урбанизация; спектральный индекс; спектральный профиль

**Key words:** degradation; the soil; urbanization; spectral index; spectral profile

## Введение

Как отмечается в работе [1], деградация земель может быть определена в качестве негативного тренда состояния земли, вызванного процессами, возникающими прямо или косвенно из-за человеческой деятельности. К таким процессам можно отнести климатические изменения антропогенного

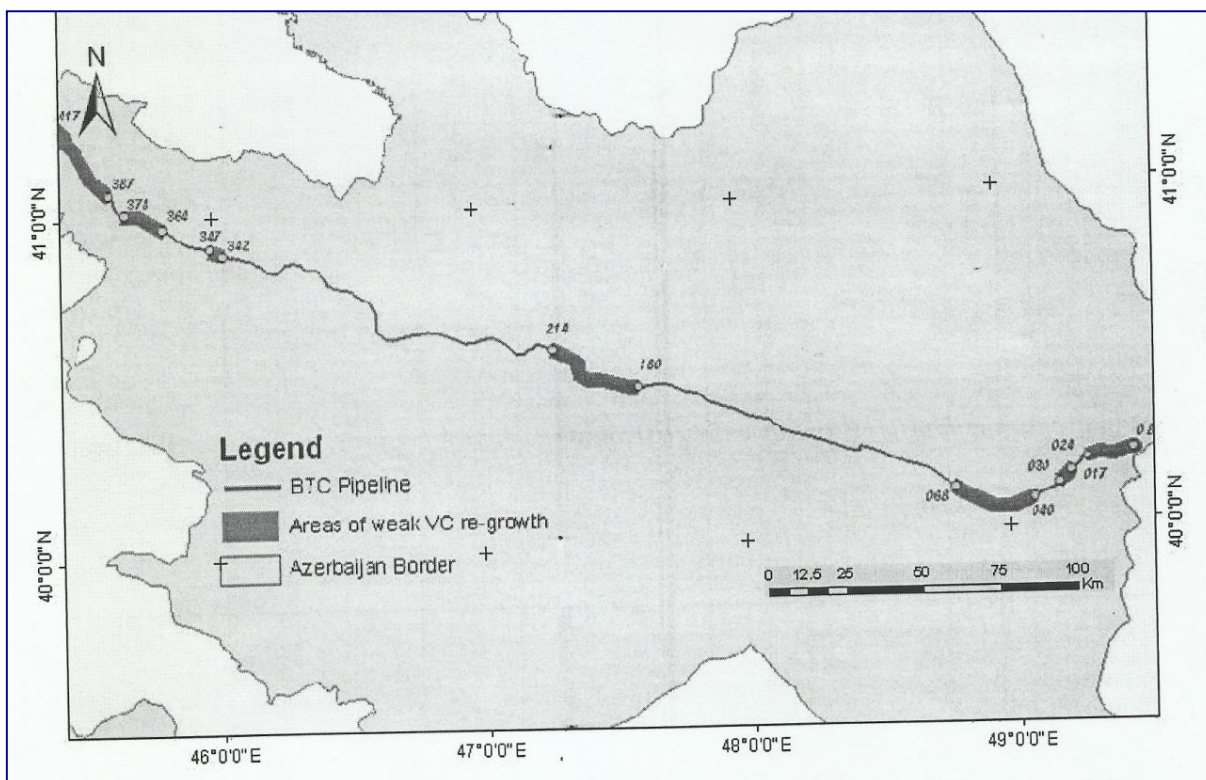
происхождения, выраженные в уменьшении биологической продуктивности земель.

Согласно [2], существуют *различные типы деградированных, неплодородных земель*.

К деградированным землям *первой категории* можно отнести те земли, где отсутствие растительности возникает из-за таких физиографических факторов, как климат и гидрология.

К деградированным бесплодным землям *второй категории* относят такие, где неплодородность вызвана антропогенными факторами, связанными с экономическим развитием региона, а также с интенсивной сельскохозяйственной деятельностью или городским строительством.

Согласно [3], одной из основных проблем картирования городских зон является оценка изменений в землепользовании при переходе от сельского уклада жизни к городскому. Такой переход, в конечном счете, приводит к порче и исчезновению поверхностного плодородного слоя земли, загрязнению вод, ухудшению качества воды, изменению микротемпературного режима, появлению неплодородных земель [4–6]. Согласно [7], типичным примером возникновения деградированных неплодородных участков земель является участок, прилегающий к известному Сангачальскому терминалу *BP*, находящемуся в Азербайджане, на берегу Каспийского моря, где осуществляется загрузка нефтепровода Баку – Джейхан. Карта прохождения нефтепровода Баку – Джейхан и участков, прилегающих к Сангачальскому терминалу, показана на рисунке 1.

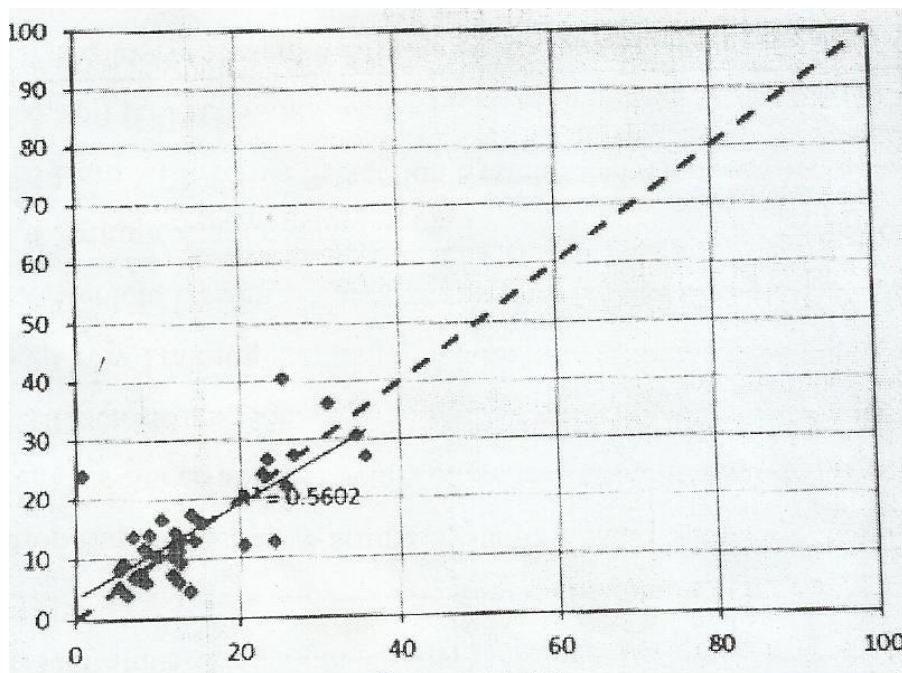


**Рисунок 1.** Карта прохождения нефтепровода «Баку – Джейхан» и прилегающих к Сангачальскому терминалу неплодородных участков

Вместе с тем, земельные участки, подвергнувшиеся воздействию антропогенного фактора, не могут быть признаны абсолютно неплодородными.

Исследования земельных участков, примыкающих к территории Сангачальского терминала, проведенные в [8], показали наличие определенного процента нарастания травы, кустарников и полукустарников на участке (рисунок 2).

На рисунке 2 на оси абсцисс отмечены данные весны 2018 г., на оси ординат – данные осени того же года.



**Рисунок 2.** Отношение плотностей покрытий кустарником земельных участков, примыкающих к территории Сангачальского терминала, в осенний сезон к весеннему 2018 г. [8]

С учетом вышеизложенного, возникает необходимость разработки специальных спектральных индексов состояния земли, позволяющих четко различать беспочвенные и неплодородные участки, в которых по естественным климатическим и гидрологическим причинам сельскохозяйственная деятельность невозможна, от тех земельных участков, которые из-за воздействия антропогенных и урбанизационных процессов пришли в негодность.

Предварительно рассмотрим существующие индексы, позволяющие в той или иной степени решить эту задачу.

### **Существующие индексы оценки состояния земельных участков**

Вкратце рассмотрим существующие индексы определения состояния земляных участков, базирующиеся на результатах дистанционных спектральных измерений. В работе [9] был предложен индекс бесплодности земли (bare soil index) *BI* определяемый как

$$BI = \frac{[(SWIR + R) - (NIR + B)]}{[(SWIR + R) + (NIR + B)]}, \quad (1)$$

где  $NIR$  – отражение в ближнем инфракрасном диапазоне;

$R$  – отражение в красной зоне спектра;

$SWIR$  – отражение в коротковолновом инфракрасном диапазоне;

$B$  – отражение в синей зоне спектра.

В работе [2] был предложен нормализованный разностный индекс неоднородности ( $ND\ Bal$ ) определяемый как

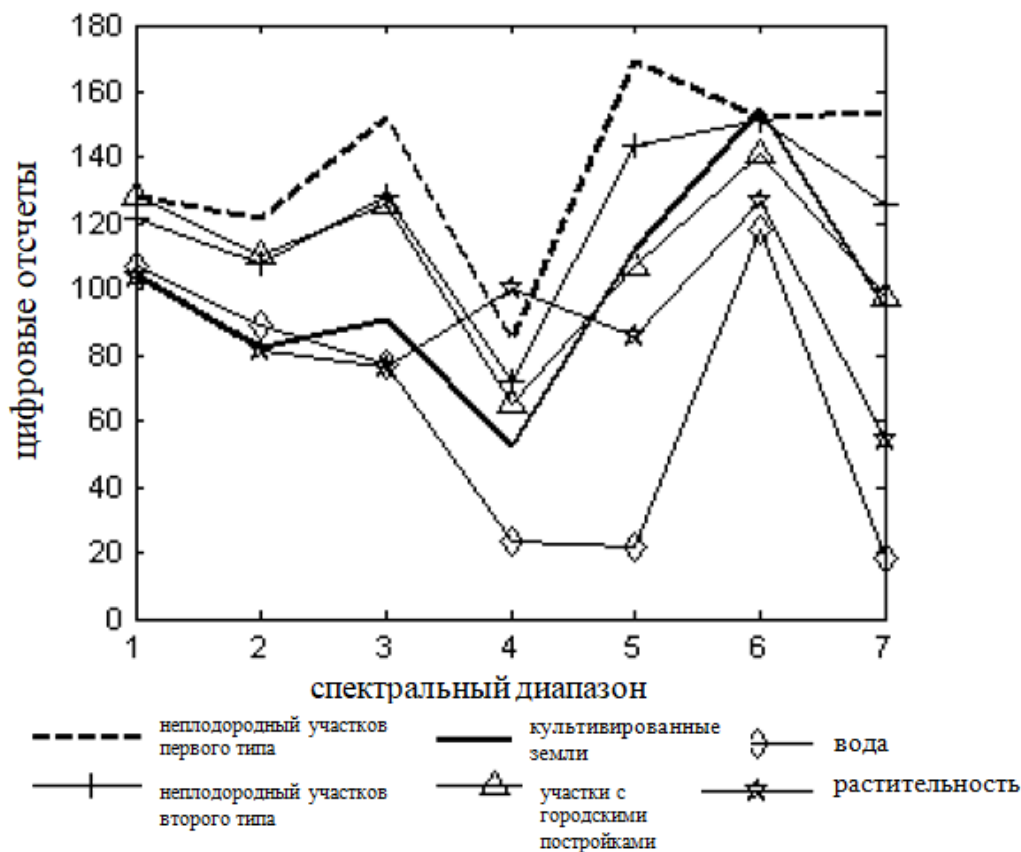
$$NDBal = \frac{[d(\text{band}5) - d(\text{band}6)]}{[d(\text{band}5) + (\text{band}6)]}, \quad (2)$$

где  $d$  – цифровое количественное значение ( $DN$ ) соответствующего спектрального диапазона;

$\text{band } i, i = \overline{5,6}$ ; обозначает  $i$ -й канал Landsat ETM+ или TM.

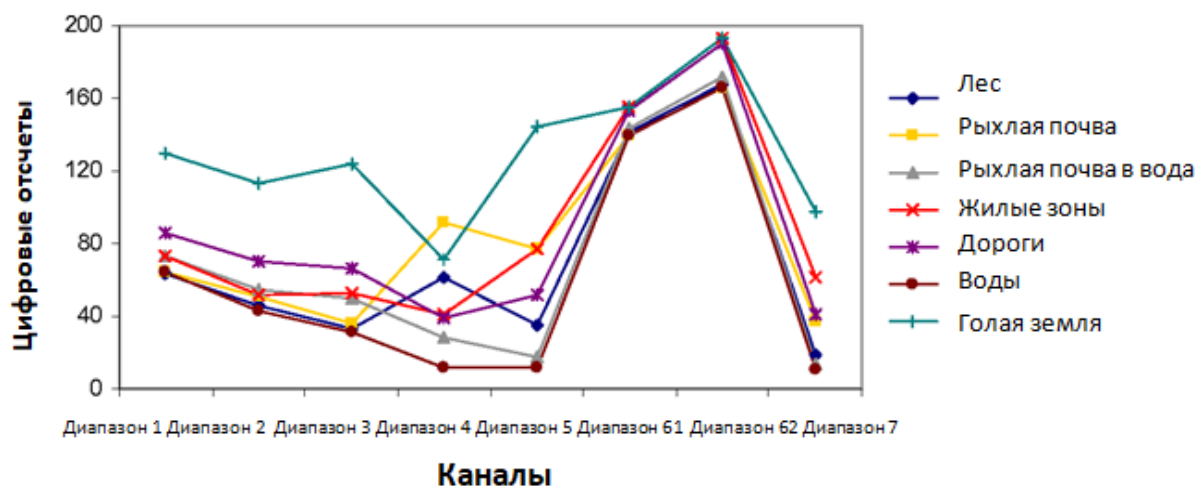
Графики значений  $DN$  для различных исследуемых объектов в зависимости от спектрального диапазона показаны на рисунке 3. На оси абсцисс обозначение каналов Landsat ETM+ следующее: TIR – 6, красный – 5, зеленый – 4, синий – 3 [2].

Вместе с тем, как отмечается в работе [10], результаты исследования общего индекса неоднородности  $ND\ Bal$  показали, что незаросшая почва имеет более низкое значение этого индекса, чем застроенные территории. Согласно [10] в регионах с сухим климатом, где городские зоны окружены засушливыми земельными участками, индекс  $ND\ Bal$  не позволяет различить земли застроенных участков от незаросших, сухих участков земли.



**Рисунок 3.** Спектральные профили шести типичных покрытий земли на исследуемом участке [2]

Высказанную в [10] мысль подтверждают результаты экспериментальных исследований, проведенных в [3], приведенные на рисунке 4. Измерения проводились в г. Денпасар (Индонезия) в 2011 г.



**Рисунок 4.** Профили распределения семи видов покрытий земли по каналам Landsat ETM+ [3]

### Предлагаемый метод

Легко показать, что если применить формулу (2) для вычисления индекса *NDBal* к графикам, представленным на рисунках 3 и 4, получим разнополярные оценки, что по определению не должно быть.

Для кривой не заросшей почвы, показанной на рисунке 3, получим

$$NDBal_{11} = \frac{170 - 150}{170 + 150} = \frac{20}{320} \approx 0.063 .$$

Для кривой застроенного участка, показанной на рисунке 3, получим

$$NDBal_{21} = \frac{140 - 100}{140 + 100} = \frac{40}{240} = 0.166 .$$

Как видно из проведенного расчета

$$NDBal_2 > NDBal_1 .$$

Теперь проведем аналогичные расчеты для кривых, показанных на рисунке 4.

Для кривой не заросшей почвы, показанной на рисунке 4, получим

$$NDBal_{12} = \frac{140 - 160}{140 + 160} = -\frac{20}{300} \approx -0.066 .$$

Для кривой застроенного участка, показанной на рисунке 4, получим

$$NDBal_{22} = \frac{80 - 140}{80 + 140} = -\frac{60}{220} = -0.27 .$$

Таким образом, как видно из вышеприведенных расчетов, один и тот же индекс для практически однотипных результатов экспериментальных исследований дает различные оценки.

Следовательно, имеет смысл предложить совершенно новый индекс, с помощью которого можно было бы избежать получения разнополярных оценок качественно одного и того же явления.



В качестве нового индекса предлагается использовать следующую оценку:

$$Der = \left| \frac{DN(6) - DN(5)}{DN(7) - DN(6)} \right|, \quad (3)$$

где  $DN(i)$  – величина цифрового отсчета в  $i$ -м канале.

Проведем расчеты, аналогичные вышеприведенным расчетам.

Для кривой не заросшей почвы, показанной на рисунке 3, получим

$$Der_{11} = \left| \frac{150 - 170}{155 - 150} \right| = 4.$$

Для кривой застроенного участка, показанной на рисунке 4, получим

$$Der_{21} = \left| \frac{135 - 105}{100 - 130} \right| = 1.$$

Для кривой не заросшей почвы, показанной на рисунке 4, получим

$$Der_{12} = \left| \frac{155 - 150}{150 - 170} \right| = \frac{5}{20} = 0.25.$$

Для кривой застроенного участка, показанной на рисунке 4, получим

$$Der_{22} = \left| \frac{80 - 140}{140 - 100} \right| = \frac{60}{40} = 1.5.$$

### Заключение и основные выводы

Оценим коэффициент выигрыша  $K_b$  при переходе от индекса  $NDBall$  к предложенному индексу  $Der$  по формуле:

$$K_{b3} = \frac{Der_{11} / Der_{21}}{\frac{NDBall_{11}}{NDBall_{21}}}.$$

Для графиков, показанных рисунках 3 и 4, имеем:

$$K_{b4} = \frac{\frac{Der_{22}}{Der_{12}}}{\frac{NDBall_{12}}{NDBall_{22}}}.$$

Вычисленное значение  $K_{b3}$  составляет

$$K_{b3} = \frac{\frac{4}{1}}{\frac{0.063}{0.166}} \approx 16.$$

Вычисленное значение  $K_{b4}$  составляет

$$K_{b4} = \frac{\frac{1.5}{0.25}}{\frac{0.066}{0.27}} = \frac{6}{0.25} \approx 24.$$

Таким образом, показано, что предложенный индекс обладает существенным преимуществом по сравнению с известным индексом  $ND_{ball}$  в смысле обнаружения не заросшей почвы на фоне застроенных участков.

## Выводы

В заключение сформулируем основные выводы проведенного исследования:

1. Охарактеризованы основные типы бесплодных земельных участков, рассмотрены возможности их спектральной идентификации.
2. Предложен новый спектральный индекс оценки состояния бесплодных земельных участков.
3. Определен выигрыш, достигаемый при переходе от известного индекса к вновь предложенному индексу.

## Список используемых источников

1. Chapter 4: Land Degradation // IPCC. URL: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/2e.-Chapter-4\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/2e.-Chapter-4_FINAL.pdf) (дата обращения: 25.01.2020).
2. Zhao H., Chen X. Use of Normalized Difference Bareness Index in Quickly Mapping Bare Areas from TM/ETM+ // Geoscience and Remote Sensing Symposium: Proceedings IEEE International Conference. Seoul, South Korea. 2005. Vol. 3. P. 1666-1668. DOI: 10.1109/IGARSS.2005.1526319.
3. As-Syakur A.R., Adnyana W.S., Arthana W., Nuarsa W. Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) for Mapping Built-Up and Bare Land in an Urban Area // Remote Sensing. 2012. Vol. 4. P. 2957-2970. DOI:10.3390/rs4102957.
4. Xu H. A New Index for Delineating Built-Up Land Features in Satellite Imagery // International Journal of Remote Sensing. 2008. Vol. 29. P. 4269-4276. DOI: 10.1080/01431160802039957.
5. Melesse A.M., Weng Q., Thenkabail P.S., Senay G.B. Remote Sensing Sensors and Applications in Environmental Resources Mapping and Modeling // Sensors. 2007. Vol. 7. P. 3209-3241. DOI: 10.3390/s7123209.
6. As-Syakur A.R., Suarna I.W., Adnyana I.W.S., Rusna I.W., Laksmiwati I.A.A., Diara I.W. Studi Perubahan Penggunaan Lahan di DAS Badung // Jurnal Bumi Lestari. 2010. Vol. 10. P. 200-207.
7. Aliyev Z.H. Agriculture in Azerbaijan and its Development Prospects // Acta Scientific Agriculture. 2018. Vol. 2. Issue 8. P. 79-91. URL: <https://actascientific.com/ASAG/pdf/ASAG-02-0149.pdf> (дата обращения: 25.01.2020).
8. Проект отчета АЕСОМ. Мониторинг заболоченных участков вокруг Сангачальского терминала в 2018 г. (подготовленного для ВР. 60604645). М.: АЕСОМ, 2019.

9. Chen W., Liu L., Zhang C., Wang Jih., Wang Jin., Pan Y. Monitoring the Seasonal Bare Soil Areas in Beijing Using Multitemporal TM Images // *Geoscience and Remote Sensing Symposium: Proceedings IEEE International Conference*. Anchorage, USA. 2004. Vol. 5. P. 3379-3382. DOI: 10.1109/IGARSS.2004.1370429.

10. Rasul A., Balzter H., Gaylan R.F.I., Hameed M.H., Wheeler J., Adamu B., Ibrahim S., Najmaddin M.P. Applying Built-Up and Bare-Soil Indices from Landsat 8 to Cities in Dry Climates // *Land*. 2018. Vol. 7. P. 81-93. DOI: 10.3390/land7030081.

## References

1. Chapter 4: Land Degradation. *IPCC*. URL: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/2e.-Chapter-4\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/2e.-Chapter-4_FINAL.pdf) (accessed 25.01.2020).

2. Zhao H., Chen X. Use of Normalized Difference Bareness Index in Quickly Mapping Bare Areas from TM/ETM+. *Proceedings IEEE International Conference «Geoscience and Remote Sensing Symposium»*. Seoul, South Korea, 2005, Vol. 3, pp. 1666-1668. DOI: 10.1109/IGARSS.2005.1526319.

3. As-Syakur A.R., Adnyana W.S., Arthana W., Nuarsa W. Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) for Mapping Built-Up and Bare Land in an Urban Area. *Remote Sensing*, 2012, Vol. 4, pp. 2957-2970. DOI:10.3390/rs4102957.

4. Xu H. A New Index for Delineating Built-Up Land Features in Satellite Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 2008, Vol. 29, pp. 4269-4276. DOI: 10.1080/01431160802039957.

5. Melesse A.M., Weng Q., Thenkabail P.S., Senay G.B. Remote Sensing Sensors and Applications in Environmental Resources Mapping and Modeling. *Sensors*, 2007, Vol. 7, pp. 3209-3241. DOI: 10.3390/s7123209.

6. As-Syakur A.R., Suarna I.W., Adnyana I.W.S., Rusna I.W., Laksmiwati I.A.A., Diara I.W. Studi Perubahan Penggunaan Lahan di DAS Badung. *Jurnal Bumi Lestari*, 2010, Vol. 10, pp. 200-207.

7. Aliyev Z.H. Agriculture in Azerbaijan and its Development Prospects. *Acta Scientific Agriculture*, 2018, Vol. 2, Issue 8, pp. 79-91. URL: <https://actascientific.com/ASAG/pdf/ASAG-02-0149.pdf> (accessed 25.01.2020).
8. *Proekt otcheta AECOM. Monitoring zabolochennykh uchastkov vokrug Sangachal'skogo terminala v 2018 g.* (podgotovlennogo dlya BP. 60604645) [AECOM Draft Report. Monitoring Wetlands Around the Sangachal Terminal in 2018 (Prepared for BP. 60604645)]. Moscow, AECOM Publ., 2019. [in Russian].
9. Chen W., Liu L., Zhang C., Wang Jih., Wang Jin., Pan Y. Monitoring the Seasonal Bare Soil Areas in Beijing Using Multitemporal TM Images. *Proceedings IEEE International Conference «Geoscience and Remote Sensing Symposium»*. Anchorage, USA, 2004, Vol. 5, pp. 3379-3382. DOI: 10.1109/IGARSS.2004.1370429.
10. Rasul A., Balzter H., Gaylan R.F.I., Hameed M.H., Wheeler J., Adamu B., Ibrahim S., Najmaddin M.P. Applying Built-Up and Bare-Soil Indices from Landsat 8 to Cities in Dry Climates. *Land*, 2018, Vol. 7, pp. 81-93. DOI: 10.3390/land7030081.

### **Сведения об авторе**

#### **About the author**

Насиров Хабиб Миргалиб оглы, старший специалист Управления экологии, Департамент биоразнообразия, Государственная нефтяная компания Азербайджанской Республики, г. Баку, Азербайджанская Республика

Habib Mirgalib oglu Nasirov, Senior Specialist of Ecology Directorate, Department of Biovariability, SOCAR, Baku, Republic of Azerbaijan

e-mail: [nasirovhabib@mail.ru](mailto:nasirovhabib@mail.ru)