



необходимо изучить влияние скорости восстановления растительности при различных положениях склона [4].

Уклон был рассчитан с помощью инструмента Slope в Raster Surface программы Arctoolbox ArcGIS версии 10.8. В качестве входного растра использовался спутниковый снимок ALOS PALSAR с разрешением 10 м (загруженный из веб-сервисов Геологической службы США (USGS) [5]. Затем склон был классифицирован в соответствии с классами уклона.

*Метод определения экспозиции.* Экспозиция играет жизненно важную роль в определении влажности почвы и солнечной радиации и, следовательно, потока тепла между почвой и атмосферой [6]. Эти вариации значительно влияют на биогеохимические циклы почвы и растительность. Экспозиция была рассчитана с помощью инструмента Aspect в Raster Surface программы Arctoolbox ArcGIS версии 10.8.

*Метод вычисления индекса растительности.* NDVI рассчитывается как разница между ближним инфракрасным (NIR) и красным (RED) отражением, деленная на их сумму (1).

$$NDVI = (NIR-RED)/(NIR+RED) \quad (1)$$

Низкие значения NDVI свидетельствуют о недостатке влаги в растительности, а более высокие значения указывают на большую плотность зеленой растительности [7].

Рельеф этого района отличается разнообразностью и необычностью своего строения. Горы здесь низкие, до 500–700 метров, ярусные. Наивысшая вершина – Акбет, высотой 1027 метров над уровнем моря (Рисунок 1 а). Наибольшую площадь занимает территория с классом высотности 388-453 с 30,6%, после этого класса наблюдается тенденция уменьшения занимаемой площади при возрастании высоты. Так наименьшую территорию занимает класс высоты 904-968 с 0,1% (Рисунок 1 б).

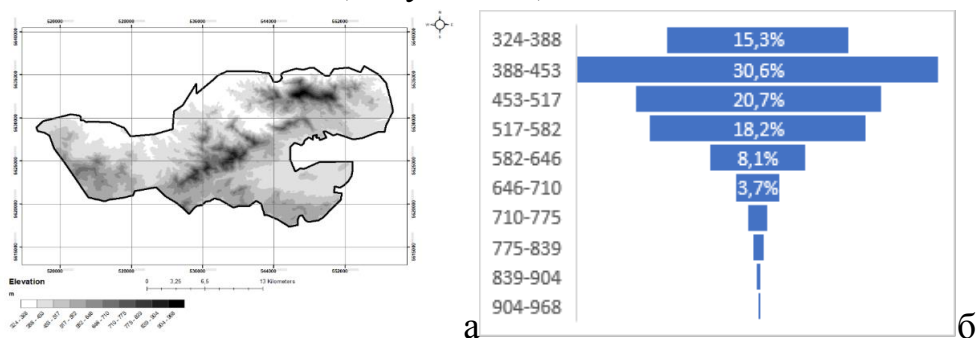


Рисунок 1 – Карта высотности исследуемой территории (а), соотношение занимаемой площади по классам высот (б).

Визуально, согласно уклону, территорию можно поделить на две части: восточную и западную. Восточная часть отличается большими высотами и соответственно большим уклоном, тогда как западная часть исследуемой территории более плоская (Рисунок 2 а).

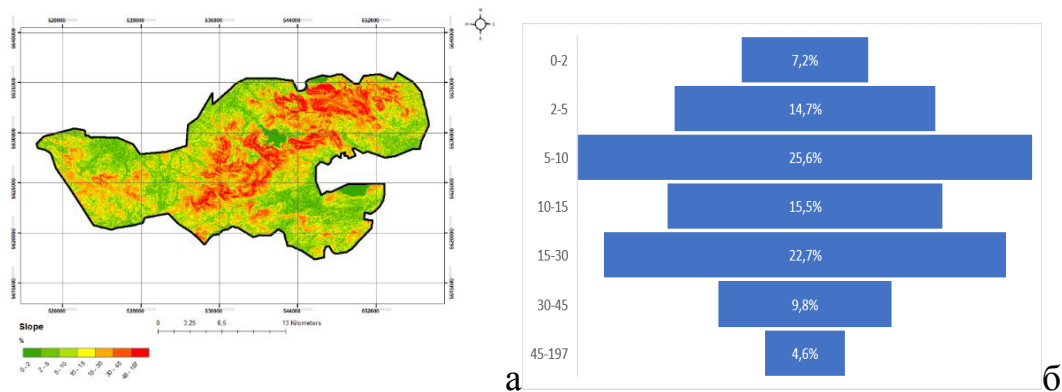
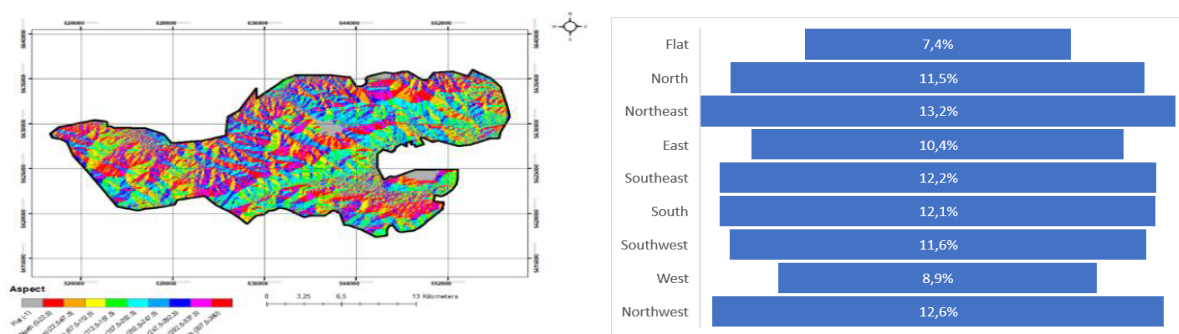


Рисунок 2 – Карта уклона исследуемой территории (а), соотношение занимаемой площади по классам уклона (б)

Наибольшую площадь занимает территория с уклоном 5–10%, что является 25,6% от всей исследуемой территории. В то время как наименьшую территорию занимает уклон более 45% и составляет 4,6% территории (Рисунок 2 б). Средний уклон исследуемой территории составляет 15%, что позволяет отнести эту территорию к территории с крутым уклоном, согласно классификации FAO [8].

Экспозиция исследуемой территории в целом однородна и находится в пределах 11–12%, исключая некоторые территории (Рисунок 3 а). Наибольшую территорию занимает северо-западная экспозиция с 13,2%. Кроме того, в пределах исследуемой территории находятся 3 озера, которые



ArcGIS считает, как плоские территории, и занимают 7,4% от всей территории (Рисунок 3 б).

Рисунок 3 – Карта экспозиции исследуемой территории (а), соотношение занимаемой площади по классам экспозиции (б).

*Индекс растительности.* Рассматривая индекс NDVI на исследуемой территории в период с 2018 по 2021 года (Рисунок 4), можно заметить, что растительность в целом стабильна, исключая 2019 год (Рисунок 4 б).

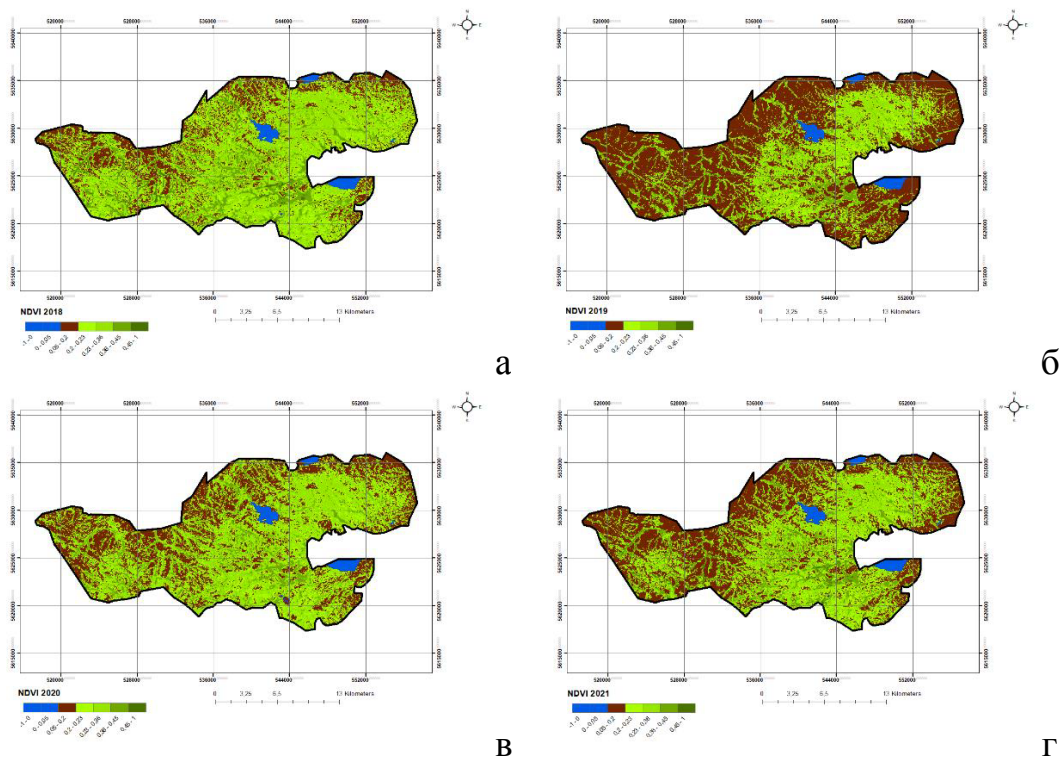


Рисунок 4 – Пространственная изменчивость NDVI в 2018(а), 2019(б), 2020(в), 2021(г)

Исходя из среднего значения индекса NDVI видно, что наблюдается тенденция повышения индекса растительности, но в 2019 году идет резкое снижение.

*Взаимоотношения между высотой и NDVI.* Исходя из средних значений индекса NDVI на разных классах высотности наблюдается постепенное увеличение, но в средних классах 517–582 м. и 582–646 м. наблюдается незначительное уменьшение среднего показателя (Рисунок 5).

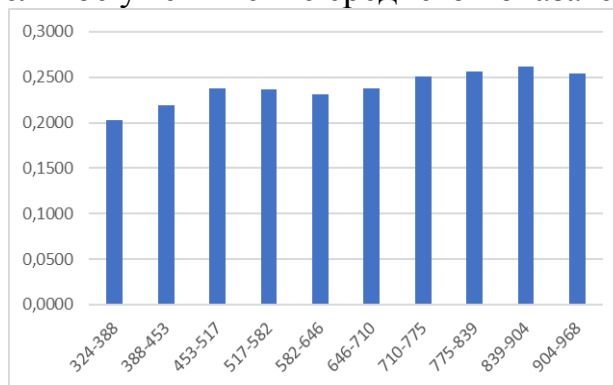


Рисунок 5 – Средняя зависимость NDVI от высотности

*Взаимоотношения между уклоном и NDVI.* Из средних значений NDVI видно, что показатели в целом распределены равномерно по всем классам уклона и находятся в промежутке 0,2 и 0,25, но наивысший индекс вегетации на уклоне 2–5% (Рисунок 6).

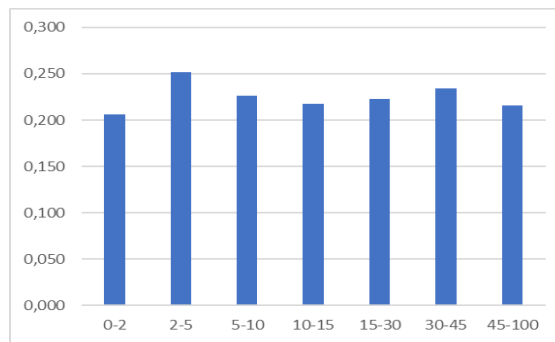


Рисунок 6 – Средняя зависимость NDVI от уклона

*Взаимоотношения между экспозицией и NDVI.* Исходя из средних показателей индекса вегетации относительно аспекта можно сказать, что растительность на исследуемой территории преобладает на северных и восточных склонах, так как показатели северного, северо-западного, восточного и северо-восточного склонов выше, чем у остальных (Рисунок 7).

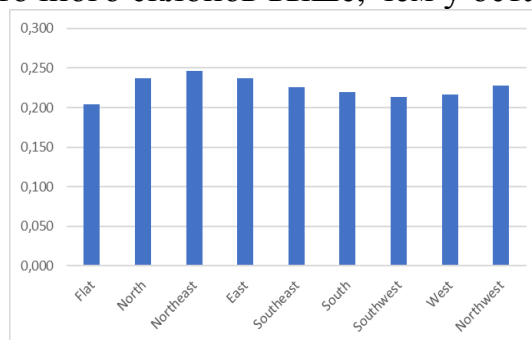


Рисунок 7 – Средняя зависимость NDVI от экспозиции

Исходя из полученных результатов можно отметить, что NDVI изменяется в зависимости от формы рельефа, наблюдается тенденция увеличения вегетационного индекса с увеличением высоты, вегетационный индекс на исследуемой территории выше на склонах с уклоном до 5%, поскольку исследуемая территория не отличается экстремальными уклонами, на исследуемой территории экспозиция рельефа мало влияет на значения вегетационного индекса, поскольку его значения изменяются в пределах 0,1, но значения NDVI на равнинной территории значительно ниже, но также можно отметить, что растительность на исследуемом участке преобладает на северных и восточных экспозициях.

### Список использованной литературы

- 1 Постановление Совета Министров Казахской ССР за № 276 от 12 августа 1985 г. «Об образовании национального парка на территории административного района Павлодарской области».
- 2 Официальный сайт Баянаульского государственного национального природного парка.
- 3 Jackson, R. D., & Huete, A. R. Interpreting vegetation indices [Text] / Preventive Veterinary Medicine, -1991. -№11(3-4). -P. 185-200.
- 4 Bennie, J., Huntley, B., Wiltshire, A., Hill, M. O., & Baxter, R. (2008). Slope, aspect and climate: Spatially explicit and implicit models of topographic

microclimate in chalk grassland. [Text] / Ecological Modelling, -2008. -№216(1). - C. 47–59.

5 <https://earthexplorer.usgs.gov>

6 Zhao, N., & Li, X. G. Effects of aspect–vegetation complex on soil nitrogen mineralization and microbial activity on the Tibetan Plateau. [Text] / CATENA, - 2017. -№155. -P. 1–9.

7 Peng, W., Kuang, T., & Tao, S. (2019). Quantifying influences of natural factors on vegetation NDVI changes based on geographical detector in Sichuan, western China. [Text] / Journal of Cleaner Production, -2019. -№233. -P. 353–367.