

БЕРДЯНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет фізико-математичної, комп'ютерної та технологічної освіти
Кафедра фізики та методики навчання фізики

Випускна кваліфікаційна робота
на здобуття освітнього ступеня магістр на тему:

**ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МІНЕРАЛЬНОЇ ГІДРАВЛІЧНОЇ ОЛИВИ
«ГІДРОНІКОЙЛ FH-51» ПРИ ДОВГОТРИВАЛОМУ ВИКОРИСТАННІ**

Виконала здобувач вищої освіти
2 курсу групи М2ПФН
спеціальності: 105 Прикладна фізика та
наноматеріали

Гнеуш-Фоменко Олександра Віталіївна

Керівник д.пед.н., професор Кузнєцова О.Я.

Рецензент д.пед.н., професор Школа О.В.

Бердянськ – 2023 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Розділ 1. Теоретичний аналіз призначення гідравлічної системи та властивостей гідравлічної оливи	8
1.1 Загальна характеристика, технічні вимоги, функції та призначення гідравлічних рідин	10
1.1.1. Класифікація гідравлічних рідин.....	15
1.1.2. Вплив складу на якість гідравлічних рідин	24
1.1.3. Фізико-хімічні та експлуатаційні властивості гідравлічних рідин ..	36
1.2. Призначення гідравлічної системи літака та умови використання гідравлічної оливи «Гідронікойл FH-51»	42
1.3. Аналіз зв'язку фізичних властивостей гідравлічної оливи «Гідронікойл FH-51» та показників якості	45
Висновки з розділу 1.	52
Розділ 2. Фізичні властивості мінеральної гідравлічної оливи «Гідронікойл FH-51»	54
2.1. Аналіз технологічного процесу виробництва гідравлічної оливи «Гідронікойл FH-51»	54
2.1.1. Сутність процесу гідрокрекінгу нафти	55
2.2. Особливості хімічних перетворень вуглеводнів в умовах гідрокрекінгу .	58
Висновки з розділу 2	61
Розділ 3. Аналіз хімічного складу товарної оливи «Гідронікойл FH-51»	63
3.1. Дослідження структурно-групового складу товарної оливи.....	63
3.2. Структурно-груповий склад першої фракції	64

3.3. Структурно-груповий склад другої фракції	66
Висновки з розділу 3	69
Розділ 4. Аналіз зміни хімічного складу та фізичних властивостей гідралічної оливи «Гідронікойл FH-51» при довготривалому використанні	71
4.1. Зразки оливи для аналізу змін фізичних властивостей.....	71
4.2. Аналіз структурно-групового і гомологічного складу перших фракцій ...	73
4.3. Аналіз структурно-групового і гомологічного складу других фракцій	76
4.4. Динаміка зміни вуглеводневого складу гідралічної оливи.....	78
4.5. Вплив хімічних перетворень на фізичні властивості гідралічної оливи	82
Висновки з розділу 4	87
ВИСНОВКИ	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	92

ВСТУП

Актуальність дослідження. Гідравлічна система призначена для передачі механічної управляючої дії від механізму керування машиною до агрегатів, які забезпечують безперебійну її роботу за призначенням. Зокрема, гідравлічна система повітряного судна функціонує як силовий пристрій в механізмах випуску-уборки шасі, випуску-уборки закрилків та предкрилків, випуску інтерцепторів, рульового пристрою, управління двигунами та повітряними гвинтами, гальмування коліс шасі, підйому вхідної двері. Гідравлічна олива «Гідронікойл» FH-51, яка виробляється французькою фірмою «НІКО», - авіаційна робоча рідина, що використовуються у гідравлічній системі більшості пасажирських повітряних суден як вітчизняного, так і закордонного виробництва.

Оскільки гідравлічна олива є робочим тілом гідравлічної системи повітряного судна, її фізичні властивості забезпечують ефективність експлуатації і надійність роботи гідравлічної системи літака. Якість гідравлічної оливи характеризується комплексом фізичних властивостей, які проявляються безпосередньо в процесі експлуатації повітряних суден. Фізичні властивості гідравлічної рідин впливають на надійність авіаційної техніки, а саме, безвідмовність роботи гідравлічної системи повітряного судна та її елементів. Слід зазначити, що втрата працездатності гідравлічної системи або окремих її агрегатів, які контактують з гідравлічною рідиною, може наступати в процесі експлуатації як поступово, так і раптово. Останнє може мати такі наслідки, як відмова певного елемента або групи елементів гідравлічної системи літака, що призведе до несправності або відмови в гідросистемі літака, або у найгіршому випадку, до втрати керованості повітряного судна та авіакатастрофи. У цьому зв'язку, нагальною задачею виступає збереження фізичних властивостей оливи при тривалому використанні на рівні, коли вона забезпечує необхідний рівень надійності функціонування гідросистеми та безпеки польоту літака в цілому.

Умови експлуатації оливи в гідравлічній системі літака такі, що вона повинна мати низьку випаровуваність, високі змащувальні властивості в широкому діапазоні питомих навантажень та робочих температур; оптимальну в'язкість в межах робочих температур та тиску; мати задовільні низькотемпературні властивості; не руйнувати матеріали та металеві деталі; мати хорошу теплопровідність; не розчиняти гази; мати не велику густину та хороші діелектричні властивості; бути не токсичною. Відповідність оливи цим вимогам визначає її придатність до роботи в гідравлічній системі. В процесі виробництва оливи досягається такий вуглеводневий склад, який є оптимальним для досягнення необхідного рівня вище зазначених фізичних та експлуатаційних властивостей. Гідравлічна система літака є замкнутою, тобто з баку олива поступає по трубопроводах до агрегатів управління маневрами повітряного судна, і виконує свої функції впродовж тривалого часу (до 5000 годин). Олива доливається в бак гідравлічної системи у разі необхідності, тобто, коли перевірка показала, що її рівень в баку зменшився нижче допустимого.

Наразі літаки вітчизняних авіакомпаній виконують пасажирські та вантажні перевезення як в західні, так і східні країни, кліматичні умови яких дуже відрізняються. Також слід враховувати, що під час польоту на висотах від 8 до 11 км, бо саме такі висотні ешелони сучасних літаків, тиск і температура повітря за бортом літака суттєво відрізняються від тих, які були перед зльотом на землі. Відповідно, температура та тиск гідравлічної рідини в баку повітряного судна в умовах польоту також змінюються, що спричиняє зміну розчинності в гідравлічній рідині води та кисню повітря. Під час набору висоти повітряним судном, кисень повітря виділяється з оливи та накопичується над її поверхнею в баку гідравлічної системи, вода – виділяється у вигляді емульсії в рідині або вільного шару на дні баку. І навпаки, під час зниження літака при збільшенні тиску та температури повітря накопичений над поверхнею кисень розчиняється в гідравлічній оливі. У свою чергу, вода із емульсії або шару на дні баку переходить у розчинену в гідравлічній оливі форму. Отже, при зльоті та посадці повітряного судна в баку гідросистеми постійно відбувається дифузія

кисню повітря та води в гідравлічній оливі. Оскільки гідравлічна олива перебуває в гідросистемі повітряного судна тривалий час, під дією вказаних зовнішніх факторів та її контакту з ущільнюючими матеріалами в її вуглеводневому складі протікають окиснювальні процеси, спричиняючи погіршення її фізичних та експлуатаційних властивостей. В результаті виникає загроза надійності роботи гідравлічної системи, що має наслідком зниження рівня безпеки польоту.

Таким чином, вищесказане спричиняє актуальність і важливість проблеми, що викликає необхідність вивчення зміни фізичних властивостей гідравлічної оливи «Гідронікойл» FH-51 при тривалому використанні, чим зумовлений вибір теми магістерського дослідження «Фізичні властивості мінеральної гідравлічної оливи «Гідронікойл» FH-51 при довготривалому використанні».

Об'єкт дослідження – фізичні властивості мінеральної гідравлічної оливи «Гідронікойл» FH-51 при довготривалому використанні.

Предмет дослідження – хімічні перетворення вуглеводнів та їх вплив на фізичні властивості гідравлічної рідини при довготривалому використанні в гідравлічній системі повітряного судна.

Мета дослідження. Виконати науково-технічне обґрунтування впливу хімічних перетворень вуглеводнів гідравлічної оливи «Гідронікойл» FH-51 при довготривалому використанні на її фізичні властивості.

Відповідно до мети дослідження визначені **завдання** дослідження:

1. Проаналізувати відповідність властивостей гідравлічної оливи функціональному призначенню гідравлічної системи.
2. Провести аналіз впливу вуглеводневого складу товарної гідравлічної оливи «Гідронікойл» FH-51 на її фізичні властивості.
3. Проаналізувати зміну фізичних властивостей гідравлічної оливи «Гідронікойл» FH-51 при довготривалому використанні в гідравлічній системі повітряного судна внаслідок хімічних перетворень вуглеводнів.

Методи дослідження включають:

- *теоретичні*: теоретичний аналіз наукової літератури з теми

дослідження з метою відбору та осмислення фактичного матеріалу, аналіз концепцій, теорій і методик, що мав на меті виявлення шляхів розв'язання досліджуваної проблеми;

- *емпіричні:* метод атмосферно-вакуумної розгонки за ГОСТ 2177-1999 (ISO 3405-88), мас-спектрометричний метод аналізу хімічного складу органічних сумішей, рідинна хроматографія, методи інфрачервоної та атомно-емісійної спектроскопії, методи визначення показників якості гідравлічної оливи;

- *математичні та статистичні методи* обробки результатів експерименту та графічні форми їх відображення.

Експериментальна база дослідження: лабораторія Українського науково-дослідного та навчального центру хіммотології і сертифікації паливно-мастильних матеріалів і технічних рідин, лабораторія фізико-хімічних методів досліджень Українського науково-дослідного інституту нафтопереробної промисловості (УкрНДІНП) «МАСМА».

Практичне значення одержаних результатів дослідження полягає в тому, що встановлено фізичні властивості оливи, які зазнають зміни при довготривалому використанні в гідравлічній системі повітряного судна в наслідок дії експлуатаційних факторів, які спричиняють хімічні перетворення в молекулах вуглеводнів.

Випускна кваліфікаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (38 позицій). Загальний обсяг роботи – 90 с., з яких 85 с. – основна частина. Робота містить 15 рисунків, 26 таблиць.

ВИСНОВКИ

1. Подана загальна характеристика, технічні вимоги та призначення гідравлічної системи. Показано, що гідравлічні системи повітряного судна функціонують як силові пристрої та приводи в механізмах випуску-уборки шасі, випуску-уборки закрилків та предкрилків, випуску інтерцепторів, гальмування колес шасі, рульовного пристрою, управління двигунами та повітряними гвинтами, підйому вхідної двері.

Подана класифікація гідравлічних рідин, проаналізовано фізико-хімічні та експлуатаційні властивості гідравлічних олив, та умови їх використання. Показано, що техніко-економічні показники та надійність гідравлічної системи залежать від фізичних властивостей гідравлічної рідини. Зокрема, експлуатаційні властивості гідравлічної рідини впливають на безвідмовність роботи гідравлічної системи повітряного судна та її елементів.

2. В гідросистемах більшості пасажирських повітряних суден використовується мінеральна гідравлічна олива «Гідронікойл» FH-51, яка виробляється французькою фірмою «НІКО». Умови експлуатації оливи в гідравлічній системі такі, що вона повинна відповідати певним вимогам, а саме: мати низьку випаровуваність, високі змащувальні властивості в широкому діапазоні питомих навантажень та робочих температур; оптимальну в'язкість в межах робочих температур та тиску; мати задовільні низькотемпературні властивості; не руйнувати матеріали та металеві деталі; мати хорошу теплопровідність; не розчиняти гази; мати не велику густину та хороші діелектричні властивості; бути не токсичною. Відповідність оливи цим вимогам визначає її придатність до роботи в гідравлічній системі літака.

3. Встановлено, що для виготовлення товарної оливи «Гідронікойл» FH-51 за базову основу використовується депарафінізована і глибокодеароматизована гасово-лігроїнова нафтова фракція. До першої фракції оливи «Гідронікойл» FH-51 входить 9,6 % парафінових вуглеводнів. Низький вміст парафінів в першій фракції оливи обумовлений її депарафінізацією з метою зниження

температури застигання в умовах експлуатації; не великий вміст ароматичних вуглеводнів в першій фракції пов'язаний з глибокою деароматизацією нафтової сировини з метою підвищення термоокиснювальної стабільності гідравлічної рідини. До складу другої фракції зразка товарної оливи входять переважно парафіно-нафтеніві вуглеводні, та 5,4 % ароматичних, серед яких переважна більшість припадає на алкілбензоли. Також олива FH-51 містить антипінну поліорганосилоксанову присадку та антиокиснювальну присадку феніл- α -нафтиламін, що пізвищує її окиснювальну стабільність.

Отже, технологічні процеси виробництва забезпечують оптимальний вуглеводневий склад оливи для досягнення задовільних фізичних та експлуатаційних властивостей, а саме: високої змашувальної здатності, оптимальної в'язкості у широкому діапазоні робочих температур, досить низьку випаровуваність.

4. Встановлено математичну залежність, яка описує концентрацію $V(t)$ молекул вуглеводнів у гідравлічній оливі FH-51 з часом експлуатації:

$$V(t) = V(0) - kt^A$$

$V(0)$ – концентрація молекул вуглеводнів у товарній рідині; k , A – коефіцієнти, які залежать від типу вуглеводнів певної фракції.

5. Встановлено, що залежність показника якості «кінематична в'язкість при 50°C» від наробітку описується рівнянням:

$$v = \frac{b}{1 - c \cdot \exp(-a \cdot t)},$$

де значення коефіцієнтів a , b , c визначаються хімічним складом гідравлічної оливи.

З часом роботи гідравлічної оливи в гідросистемі ПС цей показник якості зменшується. Через 500 годин роботи оливи в гідросистемі набуває значення

13,30 мм² /с, що є на межі нормативного, нижче якого згідно з чинною інструкцією гідравлічну оливу використовувати в гідросистемі ПС заборонено.

6. Встановлено, що залежність показника якості «кислотне число» від наробітку описується рівнянням:

$$KЧ = \frac{f}{\exp\left(\frac{a}{b + c \cdot t}\right)},$$

де значення коефіцієнтів a , b , c , f визначаються хімічним складом гідравлічної оливи.

З часом роботи гідравлічної оливи в гідросистемі ПС цей показник якості збільшується. Через 300 годин роботи в гідросистемі ПС показник якості «кислотне число» набуває значення 0,063 мг КОН на 1г, що перевищує нормоване чинною інструкцією значення та забороняє її використання.

Отже, продукти деструкції та дегідрування нафтових і парафінових вуглеводнів при тривалому використанні оливи в гідросистемі ПС перетворюються як на вторинні легкі вуглеводні, так і вступають в хімічні реакції ущільнення ненасичених нафто-ароматичних вуглеводнів, продуктами яких є ароматичні та кисневмісні сполуки. За таких хімічних перетворень погіршуються фізичні та експлуатаційні властивості гідравлічної оливи такі, як випаровуваність, текучість та окиснювальна стабільність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ASTM D 5183-95 (Reapproved 1999). Standard test method for determination of the coefficient of friction of lubricants using the Four-Ball Wear test machine. DOI: 10.15587/2312-8372.2015.47596
2. Антипенко А.М., Сорокін С.П., Поляков С.О. Властивості та якість паливо-мастильних матеріалів – Харків: ЧП Червяк, 2006. – 213 с.
3. Бойченко С. В. Контроль якості паливно-мастильних матеріалів: навч. посіб. / С. В. Бойченко, Л. М. Черняк, В. Ф. Новикова [та ін.]. – К.: НАУ, 2012. – 316 с
4. Бойченко С.В. Раціональне використання вуглеводневих палив/ Національний авіаційний ун- т. – К. : НАУ, 2001. – 216 с.
5. Вольченко В. і. Трибологія: Електро-термомеханічні основи, аналіз і синтез на нано-, мікро - і мілі-рівнях і технічні додатки. - Підручник для вузів / В.і. Вольченко, м. в. Кіндрачук, Д. А. Вольченко та ін. [Під ред. А. і. Вольченка]. - Київ-Краснодар: Прикарп. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2015. - 372 с.
6. ДСТУ 3021-95. Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення. – [Чинний від 01.01.1996]. – К.: Управління Держспоживстандарту, 1996. – 75 с. — (Національний стандарт України)
7. ДСТУ 3464-96. Авіаційні палива, мастильні матеріали, технічні рідини. Терміни та визначення. – [Чинний від 01.01.1998]. – К.: Управління Держспоживстандарту України, 1997. – 86 с. – (Національний стандарт України)
8. ДСТУ 4106:2002. Оливи мастильні. Номенклатура показників.– [Чинний від 01.01.2003]. – К.: Управління Держспоживстандарту, 2003. – 25 с. – (Національний стандарт України) 1

9. ДСТУ 4226:2003. Мастильні матеріали, індустриальні оливи та споріднені продукти (клас L). Класифікація. Група X (мастила). – [Чинний від 01.10.2004]. – К.: Управління Держспоживстандарту, 2003. – 10 с.
10. ДСТУ 4454:2005. Нафта і нафтопродукти. Маркування, пакування, транспортування та зберігання. – [Чинний від 01.07.2006]. – К.: Управління Держспоживстандарту, 2005. – 36 с. – (Національний стандарт України)
11. ДСТУ 4488:2005. Нафта і нафтопродукти. Методи відбирання проб. – [Чинний від 01.10.2006]. – К.: Управління Держспоживстандарту, 2006. – 34 с. – (Національний стандарт України)
12. Енергетичні ресурси та потоки / А. К. Шидловський, Ю. О. Віхорев, В. О. Гінайло та ін.; Під ред. А. К. Шидловського. — К.: Укр. енциклопедичні знання, 2003. — 472 с.
13. Караулов А.К., Худолій Н.Н. Автомобільні масла. Моторні та трансмісійні. Асортимент і застосування: довідник.- К.: Веселка, 2000-436с.
14. Кириченко В.І., Сіренко Г.О., Бойченко С.В. Сучасні паливно-мастильні матеріали: стан та поступ розвитку. Ч.1. Паливні матеріали: Монографія. [За ред. Г.О. Сіренка]. – Івано-Франківськ: Вид. Супрун В.П., 2016. – 208 с.
15. Кириченко В.І., Сіренко Г.О., Кириченко В.В. Сучасні паливно–мастильні матеріали: стан та поступ розвитку. Ч.2. Мастильні матеріали: Монографія. [За ред. Г.О. Сіренка]. – Івано-Франківськ: Вид. Супрун В.П., 2017. – 288 с.
16. Кондратенко П.О. Фотохімічна дія світла: Навчальний посібник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005.– 401 с.
17. Криль Я.А., Геворкян Е.С., Луцак Д.Л. Матеріалознавство. Сталь: класифікація, виробництво, споживання, маркування: Навчальний посібник [За ред. Я.А. Криля]. – Львів: «Новий світ-2000», 2014. – 267 с
18. Криль Я.А., Флюнт О.Р., Криль Г.В. Матеріалознавство: Тлумачний словник: Навчальний посібник. – У 2-х том.: Том 1 (А-М); Том 2 (Н-Я). [За ред. Я.А. Криля]. – Львів: «Новий Світ – 2000», 2011. – 432 с. (1 том); 452 с. (2 том).

19. Кузнецова О. Я. Кінетика хімічних перетворень вуглеводнів робочої рідини FH-51 в період експлуатації повітряного судна / О. Я. Кузнецова, Ж. М. Нетреба. — К. : Наукоємні технології, 2010. — № 2. — С. 39–42.
20. Кузнецова О.Я. Дослідження старіння мінеральних гідравлічних олив. II. Гомологічно-груповий склад фракцій [Текст] / Технологічний аудит та резерви виробництва. - 2015. - №4/4(24). - С. 12 -15.
21. Кузнецова, О. Я. Дослідження старіння мінеральних гідравлічних олив. I. Фракційний склад [Текст] / О. Я. Кузнецова, Ж. М. Нетреба// Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2015. — № 3/4(23).— С. 64–68. DOI:10.15587/2312-8372.2015.43878.
22. Курта С.А. Наповнювачі – синтез, властивості та використання: Навч. посібник [В авт. ред.]. – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т ім. Василя Стефаника, 2012. – 298 с
23. Кіндрачук М.В. Трибологія: Підручник / М.В. Кіндрачук, В.Ф. Лабунець, М.І. Пашечко, Є.В. Корбут [Ред. А. Бородавко, Р. Шульженко]. – Київ: Вид. Нац. Авіац. Ун-ту «НАУ-друк», 2009. – 392 с.
24. Мас-спектроскопія: підручник / О.В. Іщенко, С.В. Гайдай, О.Д. Беда.- К.: ВПЦ «Київський університет» . 2018. - 244 с.
25. Нетреба Ж.М., Кузнецова О.Я., Соловьев А.М. Взаємозв'язок тривалості роботи гідравлічної рідини «ГІДРОНІКОЙЛ» FH-51 з її хімічним складом та якістю // Матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми хімотології» 20–24 вересня 2010 р. – К.: НАУ, 2010. – С. 154-158.
26. Окоча А.І., Білоконь Я.Ю. Автотракторні витратні матеріали: Довідник. – К.: Фаза, 2002. – 102 с
27. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні: властивості та якість. Підручник / Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Петро Топільницький, Йосип Любінін, Казимир Лейда; за редакцією проф. С. Бойченка. – К.: «Центр учбової літератури», 2019. – 323 с.

28. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення / В.Я. Чабанний, В. А., Павлюк-Мороз В.А., С.О. Магопець та ін. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2005. – 449 с.

29. Сіренко Г.О., Свідерський В.П. Теплофізичні властивості полімерних композитів [За ред. Г.О. Сіренка]. – Івано-Франківськ: Вид. Супрун В.П., 2016. – 292 с.

30. Сич А.М., Нагорний П.Г. Основи матеріалознавства. Ч.І. Хімія твердого тіла: Навч. посібник. – 2-ге вид. [Ред. О.В. Литвинова]. – Київ: Укр. фітосоціологічний центр, 2008. – 164 с.

31. Склабінський В.І. Технологічні основи нафто- та газопереробки: навчальний посібник / В.І.Склабінський, О.О.Ляпощенко, А.Є.Артюхов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 186с.

32. Соловйов А.М., Нетреба Ж.М., Кузнецова О.Я. Аналіз сучасного стану системи контролю якості гідравлічних рідин. – К.: Вісник НАУ, № 1, 2006 р., с. 118–121.

33. Сіренко Г.О., Кириченко В.І., Кузишин О.В. Властивості мастильних наноплівки під час надвисоких тисків: Монографія. [За ред. Г.О. Сіренка]. – Івано-Франківськ: Прив. підпр. Петраш К.Т., 2015. – 336 с.

34. Сіренко Г.О., Свідерський В.П., Базюк Л.В. Теплофізичні властивості металів та стопів: Монографія [За ред. Г.О. Сіренка]. – Івано-Франківськ: Вид. Супрун В.П., 2015. – 230 с.

35. Інструкція з забезпечення заправлення повітряних суден паливно-мастильними матеріалами і технічними рідинами в підприємствах цивільного авіаційного транспорту України. Наказ Державіаслужби № 416. - [www/uazakon.com/documents/date bh/pg gsnwsb/pg7.htm](http://www.uazakon.com/documents/date bh/pg gsnwsb/pg7.htm).

36. Інструкція з контролювання якості нафти і нафтопродуктів на підприємствах і організаціях України: №271/121:2007. – Офіц. вид. – К.: М-во палива та енергетики України, 2007. 100 с.

37. Іщук Ю. Мазильні матеріали: класифікація та термінологія / Ю. Іщук, М. Гінзбург, Є. Кобылянський, С. Коваленко, Б. Ярмолук // Катализ та нефтехимія. – 2005. – № 13. – С. 9–19.

38. <https://geografiamozil2.jimdofree.com/%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B0/%D0%B0%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0/>