

Исследование угольного сектора топливно-энергетического комплекса штата Техас в США на основе результатов дистанционного зондирования*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-4-52-56>

ЗЕНЬКОВ И.В.

доктор техн. наук, профессор Сибирского федерального университета, профессор Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва, ведущий научный сотрудник Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий, 660041, г. Красноярск, Россия, e-mail: zenkoviv@mail.ru

ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ

канд. техн. наук, доцент
Технического университета им. Ле Куи Дон,
000084, г. Ханой, Вьетнам

ЛОГИНОВА Е.В.

канд. экон. наук, доцент
Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва,
660037, г. Красноярск, Россия

ВОКИН В.Н.

канд. техн. наук, профессор Сибирского федерального университета, 660041, г. Красноярск, Россия

КИРЮШИНА Е.В.

канд. техн. наук, доцент Сибирского федерального университета, 660041, г. Красноярск, Россия

ЛАТЫНЦЕВ А.А.

канд. техн. наук, доцент Сибирского федерального университета, 660041, г. Красноярск, Россия

ВЕРЕТЕНОВА Т.А.

доцент Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

В статье представлены результаты исследования технологических и технических аспектов производства открытых горных работ на угольных месторождениях штата Техас в США. В ходе дистанционного мониторинга и аналитических расчетов выявлено количество горных и транспортных машин, работающих в угольных карьерах, а также определен годовой объем экскавации вскрышных пород и угля, поставляемого на тепловые электростанции. По результатам спутниковой съемки выявлен стабильный тренд в добыче угля открытым способом на территории исследуемого штата.

Ключевые слова: Соединенные Штаты Америки, штат Техас, топливно-энергетический комплекс, угольная генерация электроэнергии, угольные карьеры, годовой объем добычи угля, горные и транспортные машины, дистанционное зондирование Земли.

Для цитирования: Исследование угольного сектора топливно-энергетического комплекса штата Техас в США на основе результатов дистанционного зондирования / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Е.В. Логинова и др. // Уголь. 2021. № 4. С. 52-56. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-52-56.

ВВЕДЕНИЕ

Поступательное движение в развитии науки и техники подразумевает повсеместный переход в промышленности на энергосберегающие технологии. Вместе с тем в экономике имеются энергоемкие производства, потребность которых в электрической энергии невозможно покрыть использованием солнечных батарей и ветряных генераторов. В мировой экономике одним из регионов, на территории которого развиваются энергоемкие производства, является штат Техас в США. В последние десятилетия на территории этого штата интенсивно производится добыча как жидких углеводородов, так и энергетического угля в карьерах. По результатам спутниковой съемки установлено, что в секторе между городами Даллас и Хьюстон работают крупные объекты топливно-энергетического комплекса – угольные карье-

* Исследование проведено в рамках международного сотрудничества в области расширения сферы использования технологий дистанционного зондирования Земли.

ры и тепловые станции с угольной генерацией электрической энергии. На наш взгляд, технологические решения, системы разработки, показатели работы горных и транспортных машин, то есть мировой производственный опыт всегда применялся в качестве информации для обучения новых поколений специалистов в области горного дела независимо от государственной принадлежности и политической обстановки в мире. Последнее является актуальной задачей в области горных наук. В последние годы интенсивное освоение космоса способствует получению новых знаний о территориях Земли, а также исследованию прикладных отраслевых проблем, имеющих место во всем разнообразии биосферных оболочек, решения которых представлены в виде небольшой подборки трудов российских и зарубежных ученых [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЯ В ШТАТЕ ТЕХАС

На территории штата мы выделили два сектора с условными названиями А и Б (см. рисунок).

Сектор А имеет в плане форму полосы с размерами 24-32×214 км, длинная ось которой ориентирована в направлении юго-запад–северо-восток. Сектор Б – многоугольник, длинная ось которого протяженностью 140 км ориентирована в направлении северо-запад–юго-восток. Результаты дистанционного зондирования показали, что в секторе А работают восемь угольных карьеров, а в секторе Б – девять. Общая протяженность фронта добычных работ по единственному уступу во всех карьерах определена на уровне 37420 м. В секторе А электрическая энергия вырабатывается на пяти тепловых станциях, а в секторе Б – на четырех станциях [13].

По снимкам из космоса установлено, что угольные пласты при средней мощности 10 м залегают горизонтально. Толща горных пород, покрывающих угольные пласты, состоит из двух слоев: верхний слой мощностью до 15 м представлен горными породами четвертичного возраста (глины, суглинки, пески и другие); нижний – надугольный слой мощностью до 50 м сложен более плотными алев-

ролитами светло-серого цвета. Все вскрышные породы не требуют перед их экскавацией буровзрывного рыхления. Отметим, что горно-геологическое строение угольных месторождений в обоих секторах является схожим, с небольшим отличием в сторону уменьшения мощности толщи вскрышных пород от вышеописанной. Рельеф местности, на которой производится разработка угольных месторождений, – равнинный, с высотными отметками в диапазоне 90-130 м [13].

Горизонтальное залегание угольных пластов и их мощность позволяют формировать технологии разработки месторождений с применением мощных драглайнов на перевалке надугольной толщи вскрышных пород в выработанное пространство карьеров. Количество драглайнов с вместимостью ковша 20-90 куб. м и длиной стрелы от 60 до 95 м в карьерах варьируется от одного до трех, в зависимости от длины фронта вскрышных работ и от нагрузки на добычные забои. Драглайны вскрывают угольный пласт шириной до 110 м за одну заходку. Вскрышная толща в контурах карьерных полей с мощностью угольного пласта в среднем 10 м размещается во внутренних отвалах без переэкскавации.

На каждом карьере слой вскрышных пород, который по вертикали не входит в объем, удаляемый драглайном, обрабатывается различными выемочными машинами: гидравлическими экскаваторами типа «прямая» и «обратная лопата», а также скреперами, в составе которых находится один автомобильный тягач с колесной формулой 4×4 с двумя-тремя прицепными двухосными ковшами каждый вместимостью 15 куб. м. Отметим, что технология разработки горных пород скрепером заключается в том, что эта экскавационно-транспортная машина производит выемку пород тонкими слоями, а после заполнения ковша (ковшей) транспортирует содержимое на породные отвалы [13].

Гидравлические экскаваторы с вместимостью ковша 10-16 куб. м, установленные на выемке вскрышных пород, работают в комплексе с автосамосвалами грузоподъемностью 90-130 т. Все вскрышные породы, за исключением объема строительного периода, укладывают на место отработанного угольного пласта. Организация работ



Фрагмент космоснимка с расположением объектов топливно-энергетического комплекса на территории штата Техас (США)

Основные характеристики угольных карьеров и логистики угольных потоков в штате Техас

Номер угольного карьера	Протяженность добычного фронта, м/объем добычи угля, млн т	Номер тепловой станции/вид транспорта и дальность транспортировки угля, км
№ 1	6700/11,5	1/автомобильный 7,5 км + конвейерный 26 км
№ 2	1800/3,8	2/автомобильный 8,2 км
№ 3	2000/4,5	3/ автомобильный 6 км + железнодорожный 21 км
№ 4	2800/5,5	3/ автомобильный 3,8 км + железнодорожный 21 км
№ 5	2400/4,8	3/автомобильный 8,3 км + железнодорожный 21 км
№ 6	3100/5,8	4/автомобильный 4,3 км + конвейерный 2,4 км
№ 7	3000/5,7	4/ автомобильный 16,5 км + конвейерный 2,4 км
№ 8	2200/4,7	5/ автомобильный 10,1 км
№ 9	1700/3,6	6/ автомобильный 4,9 км + железнодорожный 6,5 км
№ 10	1050/2,0	6/ автомобильный 3,7 км + железнодорожный 6,5 км
№ 11	1850/3,9	6/ автомобильный 2 км + железнодорожный 20 км
№ 12	3500/6,0	7/автомобильный 14,5 км
№ 13	1800/3	7/автомобильный 17 км
№ 14	1050/2,0	7/автомобильный 34 км
№ 15	900/1,2	8/автомобильный 8,6 км + конвейерный 5,2 км
№ 16	800/1,1	8/автомобильный 4,2 км + конвейерный 11,3 км
№ 17	700/1,0	9/ автомобильный 5,3 км

на внутренних отвалах выглядит так: драглайн укладывает надугольную толщу вскрышных пород в выработанное пространство карьера нижним ярусом. Сверху отсыпают вторым ярусом те горные породы передового вскрышного уступа, которые по технологическим параметрам не включаются в объемы выемки драглайном.

Далее с небольшой задержкой по времени на породных отвалах проводится технический и биологический этапы рекультивации с высадкой саженцев деревьев. На территориях с открытой разработкой угольных месторождений в этом штате рекультивацию проводят с высокой эффективностью итоговых показателей по двум направлениям – лесовосстановление на породных отвалах и создание искусственных водоемов в остаточных карьерных выработках. Отметим, что по истечении 10-12 лет рекультивированные горнопромышленные ландшафты определяются только наличием остаточных карьерных выработок, заполненных водоемами, которые узнаются на снимках из космоса по их форме в плане [13].

Выемка угольного пласта производится блоками протяженностью от 500 до 1800 м. На экскавации угля задействованы гидравлические экскаваторы типа «обратная лопата», погрузчики на автомобильном шасси с вместимостью ковша 15 куб. м, а также фрезерные комбайны. Все выемочное оборудование работает в комплексе с углевозами грузоподъемностью 200 т и автосамосвалами грузоподъемностью 90-130 т.

Добытый уголь доставляют на тепловые электрические станции. При этом в логистике угольных потоков задействованы все виды транспорта, обеспечивающие высокие технико-экономические показатели (см. таблицу).

С пяти угольных карьеров уголь доставляется до тепловых станций с использованием автомобильного и конвейерного транспорта. Наибольшая протяженность конвейерной линии с десятью точками перегрузки угля отмечена в одном из звеньев ТЭК: угольный разрез № 1 – тепловая станция № 1 [13].

В шести звеньях «карьер – тепловая станция» угольная логистика имеет следующую комбинацию: автосамосвалы и углевозы вывозят уголь из забоев на прикарьерные склады; на складах уголь загружают в железнодорожные составы, состоящие: из одного тепловоза (аналог российского тепловоза ТЭ-8), 44 вагонов (каждый грузоподъемностью 112,5 т) и одной тяговой дизельной секции в хвосте состава. Масса перевозимого угля одним составом равна 4950 т. На железнодорожных путях, проложенных от станции № 3 к стационарному угольному складу, на который доставляется уголь из карьеров №№ 3, 4 и 5, в постоянной работе находятся два таких состава [13].

Автомобильный транспорт на доставке угля из добычных забоев в карьерах до расходных складов на тепловых станциях применяют в пяти звеньях «карьер – тепловая станция». Особенностью одного звена (угольный карьер № 14) является наличие промежуточного склада, на который уголь с добычного уступа доставляется углевозами и в карьерных автосамосвалах, а в дальнейшем загружается в магистральные полуприцепы грузоподъемностью 40 т для его перевозки по автомобильным дорогам общего пользования при доставке на тепловую станцию.

На тепловую станцию № 6 уголь, добытый в карьерах №№ 9, 10, 11, транспортируют с прикарьерных складов в двух железнодорожных составах, состоящих: из одного тепловоза (аналог российского тепловоза ТЭ-8), 20 вагонов и одной тяговой дизельной секции. Вместе с тем потребности станции в угле невозможно удовлетворить за счет его добычи в этих карьерах. По данным спутниковой съемки установлено, что недостающий объем угля (примерно 60%) доставляется по трансконтинентальной железной дороге «север – юг» (авторское название) из штата Вайоминг.

По нашей оценке, в карьерах, работающих в секторе А, на горных работах и транспортировке горных пород находится следующее горнотранспортное оборудование:

драглайны с вместимостью ковша от 20 до 90 куб. м – 12 ед., гидравлические экскаваторы типа «прямая» и «обратная лопата» с вместимостью ковша до 18 куб. м – 16 ед., погрузчики на автомобильном шасси с вместимостью ковша 15 куб. м – 14 ед., фрезерные комбайны – 4 ед., карьерные автосамосвалы грузоподъемностью до 130 т – 52 ед., углевозы (тягач + полуприцеп) грузоподъемностью 200 т – 34 ед., шарнирно-сочлененные автосамосвалы повышенной проходимости грузоподъемностью 30 т – 7 ед., скреперы – 12 ед. Имеющийся парк горных и транспортных машин может обеспечить по техническим показателям годовой объем добычи угля на уровне 40 млн т. Годовой объем вскрышных работ должен составлять не менее 180 млн т.

В угольных карьерах, находящихся в секторе Б, работает следующий парк горных и транспортных машин: драглайны с вместимостью ковша от 20 до 90 куб. м – 13 ед., гидравлические экскаваторы типа «прямая» и «обратная лопата» с вместимостью ковша до 18 куб. м – 17 ед., погрузчики на автомобильном шасси с вместимостью ковша 15 куб. м – 16 ед., фрезерные комбайны – 6 ед., карьерные автосамосвалы грузоподъемностью до 130 т – 68 ед., углевозы (тягач + полуприцеп) грузоподъемностью 200 т – 26 ед., шарнирно-сочлененные автосамосвалы повышенной проходимости грузоподъемностью 30 т – 11 ед., скреперы – 36 ед. Этот парк горно-транспортного оборудования может обеспечить по техническим показателям годовой объем добычи угля на уровне 30 млн т. Годовой объем вскрышных работ должен составлять не менее 140 млн т.

Как показал обзор архива космоснимков, на исследуемой территории на участках угольных месторождений выявлено чередование вывода угольных карьеров из эксплуатации и ввода новых карьеров, производственные мощности по добыче угля которых позволяют компенсировать выбывающие мощности [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе дистанционного мониторинга на территории штата Техас выявлено 17 действующих карьеров по добыче угля, средняя техническая годовая производительность по горной массе которых находится на уровне 22,9 млн т. Технически и технологически достижимый объем добычи угля составляет 70 млн т в год для сжигания его на девяти тепловых электрических станциях. Обеспечить этот объем добычи угля должно выполнение вскрышных работ не менее 320 млн т в год. В технологиях ведения открытых горных работ реализованы оригинальные инженерные решения, такие как: выемка угля фрезерными комбайнами, выемка вскрышных пород скреперами на передовом уступе. Объем добычи угля на карьерах является величиной постоянной во времени и устанавливается в зависимости от выработки электрической энергии на тепловых станциях.

Список литературы

1. Крутских Н.В. Оценка трансформации природной среды в зоне воздействия горнодобывающих предприятий с использованием данных дистанционного зондирования земли // Горный журнал. 2019. № 3. С. 88-93.

2. Legostaeva Y.B., Ksenofontova M.I., Popov V.F. Geoeconomic situation at site of drainage brine utilization during development of primary deposits in Yakutia // Eurasian Mining. 2019. N 1. P. 43-48.

3. Канализационные выбросы в прибрежной зоне Черного моря: наблюдение и дистанционный контроль из космоса / А.А. Кучейко, А.Ю. Иванов, Н.С. Григорьев и др. // Экология и промышленность России. 2019. № 12. С. 54-60.

4. Симонова Ю.В., Станичный С.В., Лемешко Е.М. Исследование краткосрочных повышений уровня моря в прибрежной зоне в районе Южного берега Крыма с использованием данных контактных и спутниковых наблюдений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 4. С. 238-245.

5. Миклашевич Т.С., Барталев С.А., Плотников Д.Е. Интерполяционный алгоритм восстановления длинных временных рядов данных спутниковых наблюдений растительного покрова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 6. С. 143-154.

6. Camera trapping reveals trends in forest duiker populations in African National Parks / Timothy G. O'Brien, Jorge Ahumada, Emmanuel Akampurila et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2020. Vol. 6. Issue 2. P. 168-180.

7. Engaging «the crowd» in remote sensing to learn about habitat affinity of the Weddell seal in Antarctica / Michelle A. LaRue, David G. Ainley, Jean Pennycook et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2020. Vol. 6. Issue 1. P. 70-78.

8. Invasive buffelgrass detection using high-resolution satellite and UAV imagery on Google Earth Engine / Kaitlyn Elkind, Temuulen T. Sankey, Seth M. Munson et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2019. Vol. 5. Issue 4. P. 318-331.

9. Estimates of landscape composition from terrestrial oblique photographs suggest homogenization of Rocky Mountain landscapes over the last century / Julie A. Fortin, Jason T. Fisher, Jeanine M. Rhemtulla et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2019. Vol. 5. Issue 3. P. 224-236.

10. Improved assessment of mangrove forests in Sundarbans East Wildlife Sanctuary using WorldView 2 and TanDEM-X high resolution imagery / Md Mizanur Rahman, David Lagomasino, SeungKuk Lee et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2019. Vol. 5. Issue 2. P. 136-149.

11. Teja Kattenborn, Fabian Ewald Fassnacht, Sebastian Schmidlein. Differentiating plant functional types using reflectance: which traits make the difference? // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2019. Vol. 5. Issue 1. P. 5-19.

12. Mapping woody plant community turnover with spaceborne hyperspectral data – a case study in the Cerrado / Pedro J. Leitão, Marcel Schwieler, Fernando Pedroni et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2019. Vol. 5. Issue 1. P. 107-115.

13. Самый подробный глобус. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.google.com/earth/> (дата обращения: 15.03.2021).

Original Paper

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, E.V. Loginova, V.N. Vokin, E.V. Kiryushina, A.A. Latynceev, T.A. Veretenova, 2021
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, № 4, pp. 52-56
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-4-52-56>

Title**A STUDY OF THE COAL SECTOR OF THE TEXAS FUEL AND ENERGY COMPLEX IN THE US BASED ON REMOTE SENSING DATA****Authors**

Zenkov I.V.^{1,2,3}, Trinh Le Hung⁴, Loginova E.V.², Vokin V.N.¹, Kiryushina E.V.¹, Latynceev A.A.¹, Veretenova T.A.¹

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

² Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

³ Federal Research Center for Information and Computational Technologies, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

⁴ Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

Authors' Information

Zenkov I.V., Doctor of Engineering Sciences, Professor,
 e-mail: zenkoviv@mail.ru

Trinh Le Hung, PhD (Engineering), Associate Professor

Loginova E.V., PhD (Economic), Associate Professor

Vokin V.N., PhD (Engineering), Professor

Kiryushina E.V., PhD (Engineering), Associate Professor

Latynceev A.A., PhD (Engineering), Associate Professor

Veretenova T.A., Associate Professor

Abstract

The paper presents the results of a study into the state of surface mining operations in the state of Texas in the United States. Remote sensing studies and analytical calculations revealed the number of mining and haulage machines working in the coal pits, as well as determined the annual volume of overburden and coal excavation supplied to thermal power plants. The results of satellite observations helped to identify a trend to increase the volume of surface coal mining in the surveyed areas of the United States.

Keywords

United States of America, State of Texas, Fuel and energy complex, Coal-fired power generation, Surface mining, Coal pits, Annual coal mining, Mining and haulage vehicles, Remote sensing of the Earth.

References

1. Krutskikh N.V. Assessment of natural environment transformation in the impact zone of mining operations using remote sensing data. *Gornyi Zhurnal*, 2019, (3), pp. 88-93. (In Russ.)
2. Legostaeva Y.B., Ksenofontova M.I. & Popov V.F. Geocologic situation at site of drainage brine utilization during development of primary deposits in Yakutia. *Eurasian Mining*, 2019, (1), pp. 43-48.
3. Kucheyko A.A., Ivanov A.Yu., Grigoriev N.S. et al. Sewage effluents in the Black Sea coastal zone: observation and remote monitoring from the outer space. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2019, (12), pp. 54-60. (In Russ.)
4. Simonova Yu.V., Stanichny S.V. & Lemeshko E.M. Study of short-term rises of the sea level in the coastal zone near the southern coast of Crimea using data from contact and satellite observations. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa*, 2020, Vol. 17(4), pp. 238-245. (In Russ.)
5. Miklashevich T.S., Bartalev S.A. & Plotnikov D.E. Interpolation algorithm for reconstruction of long time series in satellite observation of vegetation cover. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16(6), pp. 143-154. (In Russ.)

6. Timothy G. O'Brien, Jorge Ahumada, Emmanuel Akampurila et al. Camera trapping reveals trends in forest duiker populations in African National Parks. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2020, Vol. 6, Issue 2, pp. 168-180.

7. Michelle A. LaRue, David G. Ainley, Jean Pennycook et al. Engaging «the crowd» in remote sensing to learn about habitat affinity of the Weddell seal in Antarctica. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2020, Vol. 6, Issue 1, pp. 70-78.

8. Kaitlyn Elkind, Temuulen T. Sankey, Seth M. Munson et al. Invasive buffelgrass detection using high-resolution satellite and UAV imagery on Google Earth Engine. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2019, Vol. 5, Issue 4, pp. 318-331.

9. Julie A. Fortin, Jason T. Fisher, Jeanine M. Rhemtulla et al. Estimates of landscape composition from terrestrial oblique photographs suggest homogenization of Rocky Mountain landscapes over the last century. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2019, Vol. 5, Issue 3, pp. 224-236.

10. Md Mizanur Rahman, David Lagomasino, SeungKuk Lee et al. Improved assessment of mangrove forests in Sundarbans East Wildlife Sanctuary using WorldView 2 and TanDEM-X high resolution imagery. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2019, Vol. 5, Issue 2, pp. 136-149.

11. Teja Kattenborn, Fabian Ewald Fassnacht & Sebastian Schmidlein. Differentiating plant functional types using reflectance: which traits make the difference? *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2019, Vol. 5, Issue 1, pp. 5-19.

12. Pedro J. Leitão, Marcel Schwieder, Fernando Pedroni et al. Mapping woody plant community turnover with space-borne hyperspectral data – a case study in the Cerrado. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2019, Vol. 5, Issue 1, pp. 107-115.

13. Google Earth. Available at: <https://www.google.com/earth/> (accessed 15.03.2021).

Acknowledgements

The study was performed within the framework of international cooperation in expanding the use of remote sensing technologies.

For citation

Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Loginova E.V., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Latynceev A.A. & Veretenova T.A. A study of the coal sector of the Texas fuel and energy complex in the US based on remote sensing data. *Ugol'*, 2021, (4), pp. 52-56. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-52-56.

Paper info

Received November 26, 2020

Reviewed January 25, 2021

Accepted March 17, 2021