

2. Karakotskaya I.A. // Mathematical model of mining the deposit by the method of borehole underground leaching: dis. cand. physical mat. Sciences: - Ekaterinburg: Ural State University, 2006. - 143 p.
3. Instructions for underground borehole leaching of uranium. - Almaty, 2006. - 181s.
4. Yazikov V.G., Legavko A.V. // Features of geophysical research in wells during the study and development of infiltration (hydrogenous) uranium deposits. - Tomsk: TPU Publishing House, 2012. - P. 12.
5. Koval P.V. Hydraulics and hydraulic drive of mining machines: A textbook for universities in the specialty "Mining machines and complexes". - Moscow: "Engineering", 1979. - 319 p.
6. Instructions for underground borehole leaching of uranium. - Almaty, 2006. - 181s.
7. Temirkhanova R., Syzdykova M. // Calculation of stem uranium reserves according to gamma-ray logging data in the GIK program // Journal "Industry of Kazakhstan". - Almaty, 2015. - S. 79-80.
8. Khaikovich I.M. // Sixteen lectures on geophysical methods of logging in uranium deposits intended for underground well leaching. - St. Petersburg, 2013. - 100 p.
9. Demekhov Yu.V. // Fission neutron logging (FND-m) in the exploration and exploitation of hydrogen-type uranium deposits. - Yekaterinburg, 2013. - 221.
10. Kozhakhmetov S.K., Poezzhaev I.P. et al. // Study of aquifer acidification/leaching by methods of modeling hydrodynamics and mass transfer. // Actual problems of the uranium industry, VII MNPK. Almaty, 2014, p. 161-174.
11. Krainov R., Ryzhenko B.N., Shvets V.M. // Geochemistry of groundwater: theoretical, applied and environmental aspects // Ros. acad. Sciences, Institute of Geochemistry and Analyst. chemistry them. V. I. Vernadsky; ed. N. P. Laverov. M.: Nauka, 2004. 676 p.
12. Navruzov T.Yu., Babaev V.K., Norboev A. Karimov I.A. // Practice in the "re-development" of the reserves of the Sabaysai deposit by the method of in-situ leaching "Mining Bulletin of Uzbekistan No. 1 (84) 2021. P. 30

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАКОНА БОЛЬШИХ ЧИСЕЛ В МАРКШЕЙДЕРСКОМ МОНИТОРИНГЕ РАЦИОНАЛЬНОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

САЙИДКОСИМОВ С.С., профессор кафедры, д.т.н., проф.
НИЗАМОВА А.Т., доцент кафедры, PhD

*Ташкентский государственный технический университет,
 Ташкент, Узбекистан*

Аннотация

В статье проанализировано преимущество закона больших чисел во внедрении инновационной методологии маркшейдерского мониторинга в процессы развития принципиально новых технологий сбора, анализа, математической обработки, накопления, формализации, передачи и использования данных системы рационального недропользования в конкретных условиях цифровой трансформации горнодобывающей отрасли.

Ключевые слова: закон больших чисел, недропользование, маркшейдерский мониторинг, горное предприятие, геомеханические процессы, база данных, случайные величины.

Введение. Проблема рациональной разработки месторождений полезных ископаемых занимает важное место в дальнейшем развитии горнодобывающей промышленности Республики Узбекистан. Геомеханическое обеспечения полноты и безопасной отработки месторождений полезных ископаемых регламентирует наиболее полное извлечение из недр

запасов полезных ископаемых, полноту геологического изучения, рациональное и комплексное использование и охрану недр [1].

Теоретическое обоснование доверительной оценки рисков промышленной безопасности путем прогнозирования в априори геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород в пространстве и времени при разработке месторождений полезных ископаемых является актуальной научно-практической проблемой рационального и безопасного недропользования и задачей маркшейдерского мониторинга.

Маркшейдерский мониторинг - это специализированный вид мониторинга, предусматривающий множество регулируемых наблюдений за развитием геомеханических процессов и явлений в системе «массив горных пород» и контроля факторов, обуславливающих их формирование и развитие, реализуемое по определенной программе с целью своевременной диагностики для горного массива, разработки и проведения мероприятий по предупреждению опасных ситуаций связанных с добычей полезных ископаемых или по снижению ущерба наносимого их действием (рис.1).

Основная часть. На сегодняшний день во всем мире горные работы ведутся в условиях с недостаточной изученностью геомеханического состояния массива горных пород, отсутствия комплексных методов его оценки, без полного учета особенностей, отрицательно влияющих на технико-экономические показатели разработки месторождения. Одним из решений данной проблемы является применение цифровых технологий в прогнозировании геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород в сейсмотектонически активных зонах, учитывающих многообразие и сложность геомеханических условий ведения горных работ.

Для этого первоначально следует разработать методы формализации, проектирования, создания и управления базами данных, характеризующих условия формирования состояния и проявления геомеханических процессов в массиве горных пород. Исходя из круга поставленных задач, найдено решение на основе применения закона больших чисел.

Группа теорем, устанавливающих соответствие между теоретическими и экспериментальными характеристиками случайных величин и случайных событий при большом числе испытаний, а также касающихся предельных законов распределения, объединяются под общим названием предельных теорем - закон больших чисел.

Закон больших чисел, занимающий важнейшее место в теории вероятностей, является связующим звеном между теорией вероятностей как математической наукой и закономерностями случайных явлений при массовых наблюдениях над ними. Предельные законы распределения составляют предмет группы теорем - количественной формы закона больших чисел. Т.е. закон больших чисел - ряд теорем, в каждой из которых устанавливается факт приближения средних характеристик большого числа испытаний к некоторым определенным постоянным, т.е. устанавливают факт сходимости по вероятности некоторых случайных величин к постоянным. **Это теоремы Бернулли, Пуассона, Ляпунова, Маркова, Чебышева.** Закон играет очень важную роль в практических применениях теории вероятностей к описанию геомеханических процессов.

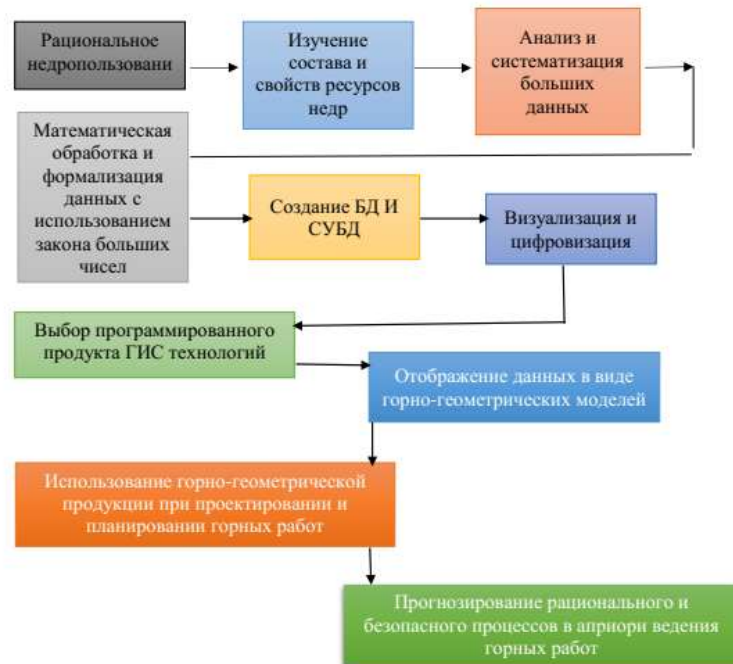


Рис.1 Алгоритм маркшейдерского мониторинга

Закон больших чисел состоит из теорем Чебышева и Бернулли (имеются и другие теоремы), в которых доказывается приближение при определённых условиях среднего арифметического случайных величин к некоторым трендовым характеристикам.

Согласно обобщенной теореме Чебышева, если случайные величины в последовательности $x_1, x_2, \dots, x_n$ попарно независимы, а их дисперсии удовлетворяют условию $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n^2} \sum_{k=1}^n D[X_k] = 0$, то для любого положительного $\varepsilon > 0$ справедливо утверждение:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P \left\{ \left| \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n M[X_k] \right| < \varepsilon \right\} = 1$$

или

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P \left\{ \left| \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n M[X_k] \right| \geq \varepsilon \right\} = 0,$$

где, X – случайная величина, M – математическое ожидание, P – вероятность, ε – любое положительное число [2].

Таким образом, закон больших чисел в совокупности позволяет вполне обоснованно осуществлять прогнозы в области геомеханических явлений, давая при этом оценку точности производимых прогнозов.

Одним из способов эффективного использования закона больших чисел является предлагаемая методология создания и использования базы данных [3].

База данных – это совокупность специально организованных данных, рассчитанных на применение в большом количестве прикладных программ, отображающая состояние объектов и их отношений в рассматриваемой предметной области и всех тех данных, которые обрабатываются более чем в одной программе (модуле).

Развитие системы базы данных во времени называют жизненным циклом. Последний делится на стадии анализа, проектирования и эксплуатации. Первая стадия включает в себя этапы формулирования и анализа требований, концептуального проектирования,

проектирования реализации, физического проектирования. Вторая стадия состоит из этапов реализации БД, анализа функционирования и поддержки, модификации и адаптации.

Таким образом разработанная информационно-поисковая система «MASS-GP» является начальным этапом цифровизации геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород, которая в дальнейшем может быть интегрирована в большую цифровизационную систему по созданию маркшейдерского мониторинга рационального недропользования.

Научные и практические задачи цифровой трансформации горнодобывающей отрасли состоят в выборе направлений исследований и технологических разработок, которые будут актуальны в перспективе для обеспечения устойчивого развития горнодобывающей отрасли. Важно не просто внедрять новые технологии сбора данных, а на основе формулирования гипотез оптимизации параметров геотехнологических процессов с использованием аналитических систем больших данных горной промышленности, а развивать методы подготовки и преобразования информации горнодобывающих предприятий для ее долговременного экономически обоснованного хранения и активного использования в управлении производством на основе развития методов прогнозной аналитики.

В Узбекистане накоплен достаточный опыт в добыче и переработке различных видов твердых полезных ископаемых, но эффективность функционирования горнодобывающей отрасли зависит от способности ее адаптации к новым вызовам и условиям риска.

На существующих горнодобывающих предприятиях республики в пределах возможностей имеющейся техники и применяемой технологии доведены до совершенства процессы добычи и переработки руд и минерального сырья. В том числе внедрены информационные технологии в обособленных объектах, включающие логистические, обогатительные процессы и проектирование отдельных элементов горнотехнической системы.

В настоящее время ключевой задачей ученых и производителей является создание условий для цифрового горного предприятия путем разработки инновационных технологий горнодобывающей отрасли с использованием роботизированных систем и прогнозной аналитики для решения задач оптимизации процессов горного предприятия и априорных оценок состояния массива горных пород.

Одним из возможных способов решения поставленных задач для сохранения конкурентоспособности отечественных горнодобывающих предприятий является применение современных технологий с использованием искусственного интеллекта и прогнозной аналитики на основе анализа больших данных на всем этапе создания стоимости товарной продукции – от геологоразведки, добычи, обогащения до металлургического передела [5].

Передовые горно-металлургические комбинаты республики НГМК и АГМК на весь период своего существования достигли максимально возможных значений на уровне международно признанных технических и экономических показателей. К сожалению, в процессе интенсивного ведения добычи полезного ископаемого существенно изменяются условия и тенденции в инновационном развитии всего комплекса горнодобывающей системы как единого организма, способного достичь более высоких горизонтов и за счёт оптимизации взаимосвязи всех звеньев цепи «Забой рудника - Обоганительная фабрика - Металлургический завод» и уменьшения риска в обеспечении промышленной безопасности на опасных производственных объектах на базе внедрения цифровой трансформации. Так как управление качеством минерального сырья начинается с данных геологоразведочных работ и отслеживания всей цепочки: от забоя через рудопотоки до металлургического комбината.

Прежде всего, необходима увязка всех звеньев технологической цепи. Нужны ещё и методики, которые зачастую отсутствуют. Особенность данного процесса состоит в том,

что связь на рудниках — односторонняя. Фактически невозможно принимать оперативные решения по получению информации. Наиболее оптимальное решение — это связка решений для горного передела, состоящая из связи и позиционирования, горно-геологической информационной системы, моделирования, оперативного планирования и диспетчеризации.

Маркшейдерский мониторинг рационального недропользования в сложившихся условиях может стать одной из первых областей деятельности горных предприятий, в которой будут формироваться большие данные и реализоваться методы работы с ними. Общий объем информации, собираемой на крупных предприятиях ежедневно, может исчисляться сотнями гигабайтов, однако только несколько процентов получаемых данных в дальнейшем используются в анализе технологических процессов. Во многом это связано с отсутствием проработанных способов анализа больших данных и их попытками определить зависимости между наблюдаемыми параметрами и состоянием горнотехнических систем и их объектов стандартными аналитическими методами [4].

В связи с этим в последние годы учеными из различных стран разрабатываются методы оценки состояния природных и техногенных объектов с использованием искусственного интеллекта с применением нейронных сетей. При этом обучение искусственного интеллекта проводится на основе собранных ранее данных и получаемых непосредственно в процессе эксплуатации объекта. Подобный подход имеет следующие особенности: совершенствование цифровой модели с учетом изменения условий окружающей среды и параметров эксплуатации; пользователь системы не может отследить четких зависимостей между составными частями искусственного интеллекта, оценивание происходит на основе зависимости входных и выходных параметров; нейронная сеть не отображает сущность физической модели объекта; мониторинг параметров и состояния объектов становится регулятором с обратной отрицательной связью для системы искусственного интеллекта.

Формирование больших данных способствует развитию принципиально новых технологий управления процессами на горнодобывающих предприятиях, в том числе, при проведении маркшейдерского мониторинга рационального недропользования. Предлагаемые методы позволяют формализовать передачу данных между объектами и на их основе внедрить систему накопления и анализа данных.

Так, кардинально меняются подходы и технологии работ геологов, маркшейдеров и горных инженеров: компания переходит с бумажных технологий на работу с трёхмерными данными.

Основой системы цифрового управления технологическими процессами, способной обеспечить требуемый уровень безопасности и эффективности на горнодобывающем предприятии, является достоверная и своевременная информация на всех уровнях производства. Организация возможности получения достоверных данных о состоянии технологических процессов на всех уровнях управления — важный шаг цифровой трансформации отрасли. Для этого требуется детальный анализ причин условий сдерживания внедрения цифровой трансформации во все производства отрасли, занимающиеся недропользованием.

При решении сложных и комплексных проблем текущего и перспективного планирования в единую систему управления производственными и технологическими процессами вовлекаются все имеющиеся бизнес-процессы предприятия, что позволяет решить задачу обеспечения цифровой трансформации.

В результате производственного развития горнодобывающих предприятий Узбекистана в направлении технической, технологической, информационной и коммуникационной инфраструктуры ожидается поэтапная цифровизация с решением задач оптимизации текущего и перспективного планирования развития горных работ,

предусматривающих создание единого центра дистанционного управления при полном позиционировании персонала и каждого рабочего места.

Действительно, на передовых предприятиях отрасли формируется единая стратегия «оцифровки» показателей производственных процессов. Для развития систем прогнозной аналитики и предотвращения риска аварий и техногенных катастроф, повышения экономической эффективности горного производства и уровня управленческих решений дальнейшее развитие горной промышленности должно базироваться на развитии теории больших чисел при освоении недр. Для этого поставлена и решается задача создания универсальных структур аналитических систем больших данных горной промышленности, обеспечивающих методологически выверенный сбор, обработку, хранение и анализ данных, поступающих от источников цифровой информации о функционировании предприятия.

На производственный процесс в любой момент времени оказывают влияние множество переменных взаимозависимых факторов. Учесть и согласовать их, избежав ошибок и внештатных ситуаций крайне сложно. Более того ни одно решение не защищено от влияния человеческого фактора. И здесь на помощь приходят технологии цифровой экономики способные взять на себя значительный фронт работ – от автоматизированного сбора данных и безбумажного документооборота до полного дублирования реального в виртуальном пространстве – к созданию «цифровых двойников», помогающих регулировать и анализировать потоки данных, управлять процессами и обеспечивать полный контроль за ситуацией.

Цифровое предприятие предусматривает цифровизацию и интеграцию процессов по вертикали в рамках всего предприятия, начиная от разработки проектов и закупок и заканчивая производством, логистикой и обслуживанием в процессе эксплуатации. Все это делается на базе соответствующей цифровой платформы.

Уже сегодня такие платформы разрабатывают рекомендации линейному персоналу, инженерам, диспетчерам и руководству компаний в части как управлять технологическими процессами, анализируя десятки параметров за большие периоды времени и экстраполируя сценарии будущего на основе анализа ситуаций прошлых периодов.

Дальнейшее развитие таких аналитических систем состоит в том, чтобы в полной мере понимать возможности повышения эффективности производства на основе уже собираемых данных, анализируя которые, можно не только фиксировать прошедшие и текущие состояния технологических процессов, но и экстраполировать, строить модели развития процессов в будущем. Такой подход позволит не только избежать человеческого фактора в принятии решений при управлении дорогостоящей техникой, оборудованием, но и заранее спрогнозировать наиболее оптимальное состояние и дать определенные рекомендации персоналу в работе.

Одной из первостепенных научных задач является классификация источников получения данных о функционировании горнотехнической системы на различных этапах, а именно оценить типы и получаемые данные от горнотехнических конструкций, генерируемые данные и возможности получения их от горного оборудования и горных выработок, а также от технических процессов. На основании данной классификации можно будет говорить об универсальных структурах аналитических систем больших данных в горной промышленности, обеспечивающих методологически выверенный сбор, обработку, хранение и анализ данных, на основе которого будут построены «цифровые советчики».

Выводы. Таким образом цифровая трансформация характеризуется инновационным развитием технологий и средств телекоммуникаций, высокоточной навигации, вычислительной и роботизированной техники на базе информационного обеспечения с применением теории больших чисел. Необходимым условием цифровой трансформации является развитие технической инфраструктуры и перестройка всех процессов организации

горного производства, включая компетенции персонала и создание доверия к внедренным цифровым технологиям.

Разработка теоретических и методологических основ маркшейдерского мониторинга применительно к решению задач рационального недропользования заслуживает особого внимания по своей востребованности и неотложности, так как в такой постановке в условиях инновационного развития горнорудной отрасли требуются длительные исследования в условиях конкретных предприятий горно-обогатительного комплекса.

Библиографический список

1. Закон Республики Узбекистан «О недрах» // <https://lex.uz/docs/75839>.
2. Черненко В.Д. Высшая математика в примерах и задачах: Учебное пособие для вузов. В 3 т.: Т3. – СПб.: Политехника, 2003. -476 с.
3. С.С. Сайидкосимов, А.Т. Низамова, М.Р. Хакбердиев. Информационные технологии геомеханического обеспечения безопасного недропользования // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2022.- №2.-С. 90-95.
4. С.С. Сайидкосимов, А.Т. Низамова. Условия и тенденции маркшейдерского обеспечения цифровой трансформации горнодобывающего производства // Труды Международной научно-практической конференции «Риски, вызовы и проблемы XXI века в цифровой трансформации рационального и безопасного недропользования». – Ташкент, ТашГТУ, 2022 г. – С.4-9.
5. М.В. Рыльникова, Д.А. Клебанов, М.А. Макеев, М.В. Кадочников. Применение искусственного интеллекта и перспективы развития аналитических систем больших данных в горной промышленности // Горная Промышленность. – Москва. -2022. -№3. –С.89-91..

ADVANTAGES OF USING THE LAW OF LARGE NUMBERS IN SURVEYING MONITORING OF RATIONAL SUBSOIL USE

Information about authors

SAYIDKOSIMOV S.S., professor of the department, Doctor of Technical Sciences, Prof.
NIZAMOVA A.T., Associate Professor of the Department, PhD

Tashkent State Technical University named after I. Karimov, Tashkent, Uzbekistan

Abstract

The article analyzes the advantages of the law of large numbers in the implementation of an innovative methodology of mine surveying monitoring in the development of fundamentally new technologies for collecting analysis, mathematical processing, accumulation, formalization, transmission and use of data from a rational subsoil use system in the specific conditions of the digital transformation of the mining industry.

Key words: law of large numbers, subsoil use, mine surveying monitoring, mining enterprise, geomechanical processes, database, random variables.

Reference

1. Law of the Republic of Uzbekistan "On Subsoil" // <https://lex.uz/docs/75839>.
2. Chernenko V.D. Higher Mathematics in Examples and Problems: Textbook for High Schools. In 3 volumes: T3. - St. Petersburg: Polytechnic, 2003. -476 p.
3. S.S. Sayidkosimov, A.T. Nizamova, M.R. Hakberdiev. Information technologies of geomechanical support of safe subsoil use // Mining Bulletin of Uzbekistan. -Navoi, 2022.- No. 2.-P. 90-95.
4. S.S. Sayidkosimov, A.T. Nizamov. Conditions and trends of mine surveying support for the digital transformation of mining production // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Risks, Challenges and Problems of the 21st Century in the Digital Transformation of Rational and Safe Subsoil Use". - Tashkent, Tashkent State Technical University, 2022 - P.4-9.

5. M.V. Rylnikova, D.A. Klebanov, M.A. Makeev, M.V. Kadochnikov. The use of artificial intelligence and the prospects for the development of analytical big data systems in the mining industry // Mining Industry. - Moscow. -2022. -Number 3. –P.89-91..

MIS ERITISH ZAVODI ATMOSFERASIDAGI ZAHARLI GAZLARINI ABSORBSIYALASHNING TERMODINAMIK JIHATLARINI O'RGANISH

Sh.T. HOJIYEV, kafedra dotsenti, PhD, hojiyevshohruh@yandex.ru

B.T. BERDIYAROV, kafedra mudiri, DSc.

Q.T. OCHILDIYEV, kafedrasi katta o'qituvchisi

V.X. XOTAMQULOV, magistrant

Toshkent davlat texnika universiteti Metallurgiya kafedrasi, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya

Maqolada mis va rux kabi rangli metallarni ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan, tarkibida oltingugurt angidridlari saqlagan sanoat gazlarini utilizatsiya qilish muammolari ko'rib chiqilgan. Bunda tarkibida oltingugurt angidridlari saqlagan sanoat gazlarini to'liq utilizatsiya qilish maqsadida ohakli suspenziyada absorbsiyalash usuli taklif etilgan bo'lib, jarayonning borish kinetikasi va termodinamik imkoniyatlari o'rganib chiqilgan. Termodinamik hisoblashlar natijasi shuni ko'rsatdiki, gaz va eritma sistemasida oqib o'tadigan kimyoviy reaksiyalar orasida sulfat kislotaning kalsiy karbonat bilan ta'sirlashuv reaksiyasi umumiy jarayon uchun eng sekin boruvchi (limitlovchi) bosqich ekanligi aniqlangan va jarayon uchun 60 °C optimal harorat qilib o'rnatilgan.

***Kalit so'zlar:** sanoat gazlari, oltingugurt angidridlari, absorbsiya, ohatoshli suspenziya, utilizatsiya, termodinamika, mexanizm, limitlovchi bosqich, optimal harorat.*

Kirish. “Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJ da (“OKMK” AJ) rux va mis metallarini ishlab chiqarish jarayonida juda ko'p miqdorda oltingugurt angidridi tarkibli texnologik gazlar ajralib chiqadi [1]. Hozirgi kunda ushbu gazlardan sulfat kislota ishlab chiqarish yo'lga qo'yilgan. “OKMK” AJ mis eritish zavodining metallurgiya sexida chiquvchi gazlar harakatlanuvchi sistemalarining germetik emasligi hamda metallurgik agregatlardan chiqayotgan texnologik gazlarni to'liq gazlardan tozalash bo'limiga yetib bormasligi evaziga metallurgik sexlar hududining ekologik normalarini buzilishiga sabab bo'lmoqda [2-3]. Bugungi kunda gazlarni tozalash bo'limiga kelayotgan texnologik gazlar tarkibi taxminan 6 – 7 % SO₂, 0,2 – 0,3 % SO₃ va boshqa gazlardan tashkil topgan, ushbu gazlardan sulfat kislota olishdan oldin 8 % li sulfat kislota bilan qarama qarshi sxema asosida ishlov beriladi [3]. Bundan maqsad birinchidan chiquvchi gazlar haroratini kamayishi bo'lsa, ikkinchidan As, F, Se kabi uchuvchi komponentlardan xoli bo'lishdir [4-5]. Qilingan tadqiqotlar natijasida, sexning hududidagi ajralib chiqayotgan texnologik gazlar tarkibida SO₂ ning miqdori, undan sulfat kislota ishlab chiqarish uchun samarasiz deb topildi [6-9]. Chiquvchi texnologik gazlar oltingugurt angidridi kam bo'lgan hollarda undan boshqa turdagi mahsulotlar ishlab chiqarish va shu bilan atrof-muhitga zararli gazlarni chiqishini oldini olish borasida qator ilmiy tadqiqotlar o'tkazildi [10-12].