فصل وتركيز معدن السليستايت من الخامات الرملية لتكوين الدبدبة (تجارب منضدية) في منطقة طار النجف، وسط العراق

نوفل عبد الرسول حمودي * و سحر نجم عبد الله ** و ملاذ قصي عبد القادر **
و علي عبد الحسن الخفاجي ***

المستخلص

يتناول هذا البحث دراسة إمكانية فصل وتركيز معدن السليستايت من الصخور الرملية لتكوين الدبدبة في منطقة طار النجف والتي تحتوي على نسبة عالية من معدن السليستايت (تصل إلى حوالي 56 %) وإيجاد المسالك التكنولوجية المناسبة لعملية الفصل والتركيز وتحديد صلاحية الركاز كأحد البدائل في تثقيل سوائل حفر الآبار النفطية .وقد تضمنت تجارب التركيز مرحلتين وكالاتي: المرحلة الاولى شملت تكسير الخام، ومن ثم الغربلة الرطبة على منخل 0.106 ملم للحصول على ركاز يحوي على معدن السليستايت بنسبة 71.23 %. المرحلة الثانية تضمنت طحن الركاز الناتج من المرحلة الاولى إلى حجوم حبيبية اقل من 0.075 ملم ومن ثم التعويم الرغوي المباشر للركاز المطحون باستخدام سيليكات الصوديوم (كمادة مغطسة) ، اولات الصوديوم (كمادة مجمعة) ، و زيت الصنوبر(كمادة مزبدة). بلغ تركيز معدن السليستايت في الركاز الناتج 91.22 % . أما استرجاع السليستايت من مخلفات تركيز المرحلة الاولى فقد تم بطريقتين. الاولى الرج والحك الميكانيكي الشديد والثانية التعويم الرغوي للمخلفات و بمرحلتين (باستخدام نفس المواد المذكورة آنفا). و قد تراوح تركيز معدن السليستايت المسترجع بين (65.30 – 78.04) %. استرجاع السليستايت من مخلفات تركيز المرحلة الثانية بطريقة التعويم الرغوي المباشر أيضا. بلغ تركيز معدن السليستايت المسترجع في الركاز 80.74 % . اظهرت نتائج الفحوصات الفيزيائية التي أجريت في مختبرات مركز البحث والتطوير النفطي لركاز المرحلة الاولى إمكانية استخدامه لتثقيل سائل حفر الآبار النفطية واعتبارة كبديل جزئي عن البارايت المستورد.

BENEFICIATION OF CELESTITE FROM CELESTITE BEARING SANDS OF THE DIBDIBBA FORMATION (BENCH TESTS) FROM TAR AL - NAJAF AREA ,CENTRAL IRAQ

Nawfal A.Hammodi, Sahar N. Aabdulah, Malath Q. Abdulqadir and Ali A.H. Al-Khafaji

ABSTRACT

This research, which was carried out on bench scale, deals with the possibility of separating and concentrating of celestite from its local ore (celestite bearing sandstones of the Dibdibba Formation from Tar Al-Najaf area) that contains ≈ 56 % $SrSO_4$ .Also to establish technical route to prepare celestite concentrate and determine its suitability as an alternative weighting material for oil well drilling mud.

The concentration experiments included two stages: Stage A, crushing the local celestite ore, milling then wet sieving to – 0.106 mm. The purity of celestite concentrate was of 71.23 %. Stage B, milling the produced concentrate from stage A to particle size less than 0.075 mm. Concentration by direct froth – flotation technique for the ground concentrate using sodium silicate as a depressing agent, sodium oleate as a collector agent and pine oil as a frother . The obtained

* خبير، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، ص.ب.986، بغداد، العراق
*** رئيس جيولوجيين أقدم، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين
** مهندس أقدم، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين

purity of celestite concentrate was of 91.22 %. Recovery of the celestite from the waste of Stage A, either by scrubbing or by direct froth – flotation using the same flotation reagents of stage B in two steps .The purity of celestite concentrate that was produced ranges from (65.3 – 78.04) %. Recovery of the celestite from the waste of Stage B , by direct froth – flotation using the same mentioned agents .The purity of celestite in concentrate that was produced from waste of Stage B is 80.74 % .The physical tests, which were carried out in the Oil Research and Development Centre on the celestite concentrate (produced from Stage A) indicate that this concentrate could be used as a partial substitute for the imported barite ,which is usually used as weighting material for oil well drilling mud .

المقدمة

يعد خام السليستايت ($SrSO_4$) المصدر الرئيسي لإنتاج السترونتيوم و مركباته و هو من المعادن قليلة التواجد في القشرة الأرضية، حيث يتواجد في الطبيعة مصاحبا لمعادن مختلفة تدخل في تركيبة تلك الصخور، ومن هذه الصخور الكلسية و الرملية أو الغرينية و يتواجد ضمن رواسب الجبس والملح الصخري وكذلك في الصخور البركانية.

إن تواجد خام السليستايت في العراق يتمثل بوجود شواهد متعددة لهذا المعدن في مناطق متفرقة و على تكويني الدبدبة وانجانه (في منطقتي النجف و كربلاء) وعلى موقعي طار النجف وطار السيد حيث بينت التحريات وجود عدة طبقات حاملة لهذا المعدن في الصخور الرملية و الغرينية للتكوينين (لخفاجي والقويزي، 1999). يستخدم السليستايت في صناعات عديدة و مهمة منها الصناعات النفطية فهو يعتبر بديل للبارايت المستخدم في تثقيل سوائل حفر الآبار النفطية. أما في الصناعات الكيميائية فيعتبر السليستايت المصدر الرئيسي لكثير من مركبات السترونتيوم ذات الاستخدامات الواسعة في الصناعات المختلفة.

اجريت عدة دراسات وبحوث مختبرية حول إمكانية تركيز معدن السليستايت من خاماته المحلية (منطقة النجف) ، فقد تمكن الحبة وآخرون (1996) من تركيز معدن السليستايت في الأطيان ألسلتية من(12 – 76.5)% و ذلك بمعاملة الخام بحامض الهيدروكلوريك المخفف ومن ثم التركيد ، الغربلة والتطويف بطريقة تلدن (بإضافة سيليكات الصوديوم و النشا في وسط قاعدي) و استطاعت البيداري (1997) تركيز معدن السليستايت (في الأطيان ألسلتية أيضا) من (40.76– 96)% وذلك بمعاملة الخام بحامض الهيدروكلوريك المخفف و التركيد . و قام الياسري (1997) بدراسة إمكانية تركيز خام السليستايت (أطيان سلتية) من (54.7– 86.50)% و تم ذلك بمعاملة الخام بحامض الهيدروكلوريك (المخفف) و من ثم التركيد و التعويم الرغوي. كما وقام حمودي و آخرون (1999) بفصل و تركيز معدن السليستايت لنموذج من الأحجار الرملية الحاوية على السليستايت بتركيز 51.06% وقد أمكن زيادة التركيز بنسب مئوية تراوحت ما بين(71.27– 92.18)%. وتتلخص طريقة التركيز بتكسير الخام وطحنه ومن ثم غربلته وغسله بحامض الهيدروكلوريك المخفف ومن ثم التعويم الرغوي.

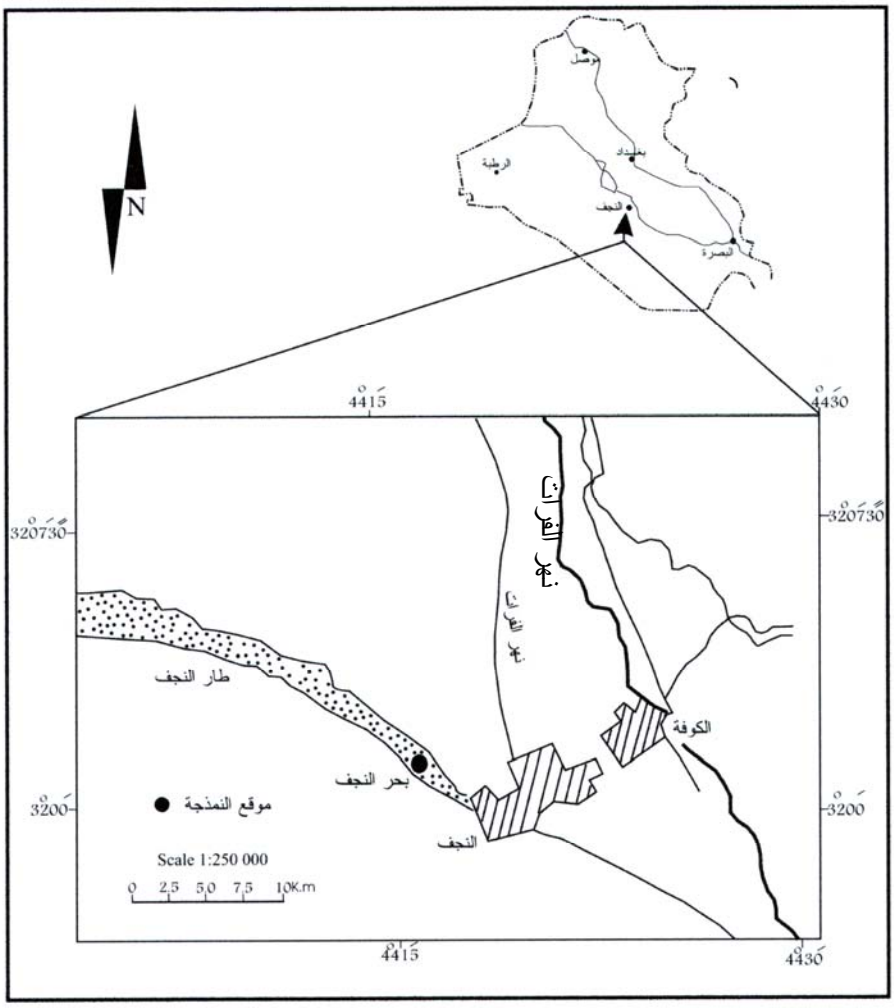
أما الدراسة الحالية فتهدف إلى إجراء تجارب تحقق (منضدية) لتأكيد المؤشرات ألفنيه لعملية فصل وتركيز معدن السليستايت من خاماته الرملية (منطقة النجف). فضلا عن صلاحية الركاز المنتج في تثقيل سوائل حفر الآبار النفطية (كبديل جزئي).

إسلوب العمل

إن أسلوب العمل الذي تم اعتماده في تركيز معدن السليستايت يتضمن الخطوات التالية :

- **النمذجة**

تم جلب نموذج ممثل من خام السليستايت(حوالي 150 كغم) من موقع يقع على حافة طار النجف وعلى مسافة تبعد 5 كم شمال غرب مدينة النجف(الشكل 1)، هذا الموقع تم اختياره اعتمادا على النتائج الايجابية لدراسة سابقة (حمودي وآخرون ، 1999) . بعدها تم تكسير النموذج في كسارة فكية إلى حجوم حبيبية اقل من 25 ملم و من ثم مجانسة النموذج (بالخلط عدة مرات) وإجراء عملية التربيع والتقسيم للحصول على عينة ممثلة للخام وتحليلها في المختبرات الكيميائيه والأشعة السينية الحائدة في الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين (النتائج مبينة في الجدولين 1 و 2).



شكل (1): خريطة لموقع النمذجة

جدول (1): التحليل الكيميائي لنموذج الخام قيد الدراسة

المكونات	وزنا (%)
SrO	31.62
SiO_2	38.8
Fe_2O_3	0.52
Al_2O_3	0.94
TiO_2	0.06
CaO	0.31
MgO	0.30
SO_3	24.41
Na_2O	0.48
K_2O	0.42
L.O.I	0.64

جدول (2): التركيب المعدني لنموذج الخام قيد الدراسة

المكونات المعدنية	تواجدها في الخام
سليستايت (Celestite)	رئيسي (1) ≈ 56%
كوارتز (Quartz)	رئيسي (2) ≈ 38%
بلاجيوكليس (Plagioclase)	قليل جدا ≈ 3%
اورثوكليس (Orthoclase)	

- **التدرج الحجمي للخام**

لتحديد تواجد و توزيع معدن السليستايت ضمن الحجوم الحبيبيه المختلفة لنموذج خام السليستايت تم إجراء الغربلة الرطبة لعينة ممثلة منه (بعد التكسير إلى حجم حبيبي اقل من 25 ملم)، و بعد الانتهاء من عملية الغربلة تم تحديد أوزان ما تبقى فوق كل منخل (بعد التجفيف) وكذلك تحديد تركيز معدن السليستايت فيها. نتائج عملية الغربلة وكذلك توزيع معدن السليستايت على الحجوم المختلفة للخام موضحه في الجدول (3) .

جدول (3): توزيع معدن السليستايت على الحجوم الحبيبيه للخام بعد اجراء الغربلة الرطبة

الحجم الحبيبي (ملم)	النسبة المئوية الوزنية (%)	تركيز معدن السليستايت (%)	النسبة المئوية لتوزيع معدن السليستايت(%)
16+25-	1.6	66.16	2.13
8+16-	9.8	55.96	11.06
4+8-	5.72	61.15	7.06
2+4-	3.58	62.64	4.53
1+2-	5.75	62.93	7.3
0.85+1-	3.16	65.41	4.18
0.500+0.850-	12.43	48.73	12.22
0.250+0.500-	29.66	34.15	20.43
0.125+0.250-	20.27	47.01	19.22
0.063+0.125-	5.06	74.64	7.62
0.053+0.063-	0.56	69.22	0.78
0.053-	2.41	71.36	3.47

- **تجارب تركيز السليستايت**

تضمنت عملية تركيز معدن السليستايت (لنموذج ممثل من الخام) إجراء سلسله من التجارب والفحوصات وكالاتي :

- تكسير الخام
- تجارب التركيز (المرحلة الاولى)
- تجارب التركيز (المرحلة الثانية)
- استرجاع السليستايت من مخلفات تركيز المرحلة الاولى بطريقتين :
  أولا: طريقة الرج و الحك الميكانيكي الشديد
  ثانيا:طريقة التعويم الرغوي
- استرجاع السليستايت من مخلفات تركيز المرحلة الثانية
- الفحوصات الفيزيائية و التحليلات الكيميائية لركاز السليستايت

النتائج والمناقشة

من خلال نتائج الغربلة المبينة في الجدول (3) يتضح مايلي :

- معدن السليستايت بشكل عام يتواجد في معظم الحجوم الحبيبية للخام و بصورة متقاربة .
- في الحجوم (- 0.850 + 0.125) ملم يلاحظ انخفاض في تركيز معدن السليستايت عن المعدل العام (≈ 56%).
- يزداد تركيز معدن السليستايت (عن المعدل العام و بشكل ملحوظ) في الحجوم الحبيبية للخام الأقل من 0.125 ملم، ولذلك تم تهيئة النموذج المعد لهذه الدراسة بتكسيره إلى حجم حبيبي اقل من 25 ملم ومن ثم مجانسته (بالخلط عدة مرات) و إجراء عملية التقسيم و التربيع لضمان الحصول على عينة ممثلة للخام (حوالي 1 كغم). هذه العينة تم تكسيرها إلى حجم حبيبي اقل من 2 ملم (حمودي و آخرون ، 1999) وثم إجراء عملية الغربلة الرطبة . نتائج الغربلة و توزيع معدن السليستايت على الحجوم الحبيبية المختلفة موضحة في الجدول (4). و بالمقارنة مع نتائج الجدول رقم (3) نلاحظ أن عملية تكسير الخام إلى حجم حبيبي اقل من 2 ملم قد نتج عنه تزايد طفيف في تركيز معدن السليستايت في الحجوم الحبيبية (الأقل من 0.125 ملم) و كذلك في النسبة المئوية لتوزيع السليستايت في ذلك الحجم الحبيبي من الخام ، بالاضافة إلى حصول تزايد ملحوظ في تركيز معدن السليستايت و توزيعه في الحجوم الحبيبية (-0.250 +0.125) ملم و(-0.850 +0.500) ملم و (-2 +1) ملم ، أما الحجوم الحبيبية(-0.500 +0.250) ملم فقد تناقص تركيز معدن السليستايت فيها و بشكل ملحوظ .

ان تجارب تركيز السليستايت للمرحلة الاولى تضمنت إجراء عملية طحن نماذج ممثلة للخام إلى حجوم حبيبية اقل من 0.250 ملم باستخدام طاحونة كرات سيراميكية مختبرية و من ثم غربلتها غربلة رطبة على منخل 0.125 ملم و ذلك اعتمادا على نتائج دراسة سابقة (حمودي و آخرون ، 1999) و بعد الانتهاء من عملية الغربلة حددت الأوزان (بعد التجفيف) للجزء المتبقي على المنخل 0.125 ملم و كذلك المار منه ومن ثم حللت كيميائيا لتحديد تركيز معدن السليستايت فيها .

نتائج عملية الطحن و الغربلة الرطبة بالمقارنة مع نتائج الدراسة السابقة مبينة في الجدول (5) و منها يلاحظ أن عملية الغربلة الرطبة للخام على منخل 0.125 ملم، بعد طحنه إلى حجوم حبيبية اقل من 0.250 ملم، لم تتطابق مع نتائج عملية الطحن و الغربلة للنموذج الذي تم تهيئته في الدراسة المختبرية السابقة حيث بلغ تركيز معدن السليستايت في ركاز هذه المرحلة 62.33 % ، في حين كان تركيز معدن السليستايت لنفس الركاز في الدراسة السابقة 71.27 % ، بالرغم من إن تركيز معدن السليستايت في

الخام المهيأ لهذه الدراسة بلغ حوالي 56 % و تركيز معدن السليستايت في الخام السابق كان 51.07% .إن سبب ذلك يعود إلى عدم حصول تحرر جيد (Liberation) لحبيبيات معدن السليستايت في الخام الحالي بسبب صلابته. ولتحديد الظروف المثلى لعملية الطحن و الغربلة الرطبة اجريت تجربتين إضافيتين تم فيها طحن نماذج ممثلة للخام إلى نعومة اقل من 0.250 ملم و من ثم غربلة النموذج (المطحون) الأول على منخل ذو فتحات 0.106 ملم و الأخر على منخل ذو فتحات 0.090 ملم (كل على حدة). بعد الانتهاء من عملية الغربلة وتجفيف الأجزاء المارة و المتبقية لكل منخل وزنت و حللت كيميائيا لتحديد تركيز معدن السليستايت فيها ومن ثم احتساب النسبة المئوية لتوزيع السليستايت في كل جزء، و النتائج موضحة في الجدول (6) حيث تبين أن عملية الغربلة الرطبة للخام المطحون إلى حجوم حبيبية اقل من 0.250 ملم على منخل 0.106 ملم نتج عنها ركاز لمعدن السليستايت بنقاوة 71.23 % و هي مطابقة لنتائج الدراسة المختبرية السابقة وبالتالي تعتبر الظروف المثلى لتجارب تركيز المرحلة الاولى .

جدول (4): توزيع معدن السليستايت على الحجوم الحبيبية للخام بعد تكسيره الى حجم حبيبي اقل من 2 ملم

الحجم الحبيبي (ملم)	النسبة المئوية الوزنية (%)	تركيز معدن السليستايت (%)	النسبة المئوية لتوزيع معدن السليستايت (%)
1+2-	8.02	58.51	9.65
0.850+1-	2.73	65.66	3.68
0.500+0.850-	20.17	58.01	24.08
0.250+0.500-	37.37	32.7	25.15
0.125+0.250-	23.64	51.73	25.16
0.063+0.125-	5.13	75.23	7.95
0.053+0.063-	0.6	70.83	0.87
0.053-	2.34	71.98	3.46

جدول (5): تاثير عملية طحن الخام (الى حجوم حبيبية اقل من 0.250 ملم) على تركيز و توزيع معدن السليستايت

الحجم الحبيبي للخام المغربل (ملم)	النسبة المئوية الوزنية (%)	تركيز معدن السليستايت (%)	النسبة المئوية للاسترجاع (%)	الملاحظات
0.125+0.250- 0.125-	30.84 69.16	22.58 62.33	13.90 83.10	ـــــــ
0.125+0.250- 0.125-	40.04 59.96	26.35 71.27	20.26 79.74	هذه النتائج هي لتجارب الطحن والغربلة الرطبة في الدراسة السابقة (حمودي وآخرون، 1999)

جدول (6): تاثير عملية الغربلة على تركيز و توزيع معدن السليستايت

رقم التجربة	الحجم الحبيبي للخام بعد الطحن (ملم)	الحجوم الحبيبية للخام المغربل (ملم)	النسبة المئوية الوزنية (%)	تركيز معدن السليستايت (%)	النسبة المئوية للاسترجاع (%)
1	0.250-	0.125+0.250- 0.125-	30.84 69.16	22.58 62.33	13.9 83.1
2	0.250-	0.106+0.250- 0.106-	39.44 60.56	34.11 71.23	23.77 76.23
3	0.250-	0.090+0.250- 0.090-	46.96 53.04	43.18 72.68	34.47 65.53

أما تجارب تركيز المرحلة الثانية فقد تضمنت إجراء عملية التعويم الرغوي المباشر(Direct flotation) للركاز الناتج من المرحلة الاولى بتطبيق الظروف المثلى التي حددت في دراسة (حمودي و آخرون ، 1999).ان عملية التعويم هذه تمت باستخدام جهاز التعويم المختبري نوع دينفر (Denver Laboratory " Sub A" flotation machine model D1) بشكل دفعات زنة (100غم) أما سعة خلية التعويم المستخدمة فقد كانت 1.235 لتر . المواد الكيميائية التي استخدمت في تجارب التعويم شملت :

- سيليكات الصوديوم ($Na_2O.2SiO_2$) كمادة مغطسة للكوارتز (Depressor)، كمية الإضافة 0.125 غم / لتر .
- اولات الصوديوم (Sodium oleate) كمادة مجمعة للسليستايت (Collector)، كمية الإضافة 0.076 غم / لتر .
- زيت الصنوبر (Pine oil) كمادة مزبدة (Frother) ، كمية الإضافة 0.0146 غم / لتر .
- هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) كمادة منظمة للدالة الحامضية (pH–Regulator) .
- أما المؤشرات التشغيلية التي طبقت كانت كالاتي :
- الحجم الحبيبي للمواد الصلبة في اللباب (ركاز المرحلة الاولى) = اقل من 0.075 ملم
- النسبة المئوية للمواد الصلبة في اللباب (ركاز المرحلة الاولى والماء) =10.5% وزنا
- نسبة المواد الصلبة إلى السائلة في اللباب = 117.6غم / لتر
- السرعة الدورانية لمازج جهاز التعويم = 1200 دورة / دقيقة
- زمن التكييف (Conditioning time) = 10 دقائق
- زمن التعويم (Flotation time) = 5 دقائق
- قيمة الدالة الحامضية للباب = 9

ان نتائج تجربة التعويم الرغوي (عند تطبيق المؤشرات أعلاه) موضحة في الجدول (7) ومنها نستنتج إن عملية التعويم الرغوي كانت ناجحة، إلا إنها لم تتطابق مع نتائج عملية التعويم الرغوي لركاز المرحلة الاولى التي اجريت سابقا ،حيث بلغ تركيز معدن السليستايت في ركاز هذه المرحلة 89.14 % في حين كان تركيز معدن السليستايت لنفس الركاز المحضر في الدراسة السابقة 92.18 % . لذلك تم إجراء تجربة إضافية لتعويم ركاز المرحلة الاولى (التجربة رقم 5) ثبتت فيها كافة المتغيرات المطبقة في التجربة رقم 4 عدا زيادة كمية المادة المغطسة (سيليكات الصوديوم) من (0.125 _ 0.151 غم/ لتر). وان نتائج هذه التجربة كانت مقاربة لنتائج الدراسة المختبرية السابقة حيث أمكن رفع تركيز معدن السليستايت في ركاز المرحلة الاولى من (71.23 _ 91.22)% وعليه فأن الكمية

المثلى من المادة المغطسة (سيليكات الصوديوم) ستكون 0.151 % غم / لتر تضمنت تجارب استرجاع معدن السليستايت إجراء عملية الرج و الحك الميكانيكي الشديد (Scrubing) لتلك المخلفات بتطبيق المؤشرات المثلى أدناه التي تم تحديدها في دراسة (حمودي و آخرون، 1999):

- النسبة المئوية للمواد الصلبة في اللباب = 60 % وزنا
- السرعة الدورانية لمازج جهاز الرج و الحك الميكانيكي الشديد = 1400 دورة / دقيقة
- الفترة الزمنية لعملية الرج و الحك الميكانيكي= 60 دقيقة
- الغربلة الرطبة لخليط العملية أعلاه على منخل 0.125 ملم

جدول (7): نتائج تجارب التعويم الرغوي لركاز المرحلة الاولى

رقم التجربة	كمية المادة المغطسة (غم/لتر)	كمية المادة المجمعة (غم/لتر)	كمية المادة المرغية (غم/لتر)	تركيز معدن السليستايت (%)		النسبة المئوية الوزنية (%)		النسبة المئوية للاسترجاع (%)		النسبة المئوية للاسترجاع محسوبة على اساس وزن الخام (%)	
				ركاز	مخلفات	ركاز	مخلفات	ركاز	مخلفات	ركاز	مخلفات
4	0.125	0.076	0.0146	89.14	53.61	61.78	38.22	72.88	27.12	55.56	20.67
5	0.151	0.076	0.0146	91.22	43.42	65.21	34.79	79.72	20.28	60.77	15.46

تم تحليل ناتج عملية الغربلة كيميائيا (بعد التجفيف والوزن) لتحديد تركيز معدن السليستايت فيه والنتائج مبينة في الجدول (8) (تجربة رقم 6) والتي منها نستنتج أن عملية الرج و الحك الميكانيكي الشديد للمخلفات الناتجة من عملية تركيز السليستايت (المرحلة الاولى) لم تكن مشجعة بسبب تدني تركيز معدن السليستايت في الركاز إلى حوالي 53% في حين بلغ تركيز السليستايت في الركاز المسترجع في الدراسة السابقة 89.54 % . لذلك تم إجراء ثلاث تجارب إضافية للرج و الحك الميكانيكي الشديد تم فيها تثبيت المؤشرات التشغيلية المطبقة في التجربة السابقة(التجربة رقم 6) باستثناء غربلة اللباب على المناخل (0.106 ، 0.090 و 0.075) ملم كل على حدة لتحديد تركيز معدن السليستايت لنواتج الغربلة. والنتائج مبينة في الجدول (8) ، و منها يتضح انه على الرغم من إجراء عملية الغربلة للباب الناتج على المناخل 0.106 ، 0.090 و0.075 ملم إلا أن تركيز السليستايت في الركاز قد تراوح ما بين (68.15- 69.65) % وهو تركيز متقارب، اخذين بنظر الاعتبار النسبة المئوية للاسترجاع والبالغة (11.05%) . بالنظر لتدني تركيز معدن السليستايت في الركاز المسترجع بأتباع تقنية الرج و الحك الميكانيكي الشديد والذي بلغ 68.15 % وبنسبة استرجاع 11.05 % اجريت ثلاث تجارب لاسترجاع السليستايت من تلك المخلفات بطريقة التعويم الرغوي . طبقت فيها جميع المؤشرات التشغيلية لعملية التعويم الرغوي لركاز المرحلة الاولى مع تغيير كمية المادة
المغطسة (سيليكات الصوديوم) من 0.125 غم / لتر إلى 0.108 غم / لتر و من ثم الى 0.087 غم / لتر، نتائج هذه التجارب مبينة في الجدول (9) منها يتبين إن نتائج عملية استرجاع السليستايت من مخلفات المرحلة الاولى للتركيز بأتباع طريقة التعويم الرغوي (بألاخص نتائج تجربة رقم 12) هي أفضل من نتائج استرجاع السليستايت لتلك المخلفات بطريقة الرج والحك الميكانيكي الشديد،حيث كانت نقاوة ركاز السليستايت متقاربة بالطريقتين مع ازدياد ملحوظ في النسبة المئوية

للاسترجاع من 11.05 _ 91.34% . ولغرض رفع تركيز معدن السليستايت في ركازه المسترجع بطريقة التعويم الرغوي ، اجريت تجربة إضافية (لزيادة نقاوة الركاز) بأتباع طريقة التعويم الرغوي (كمرحلة ثانية) و بتطبيق جميع المؤشرات المثلى التي حددت في التجربة رقم 12 . ان نتائج هذه التجربة مبينة في الجدول (10) و منها يتضح انه بالامكان زيادة نقاوة الركاز الناتج من عملية التعويم الرغوي لمخلفات المرحلة الاولى للتركيز من(65.3 _78.04)% مع حصول انخفاض في النسبة المئوية للاسترجاع من(91.34 _ 80.19)% .

لتحديد إمكانية استرجاع معدن السليستايت من مخلفات تركيز المرحلة الثانية والتي تحوي على 43% ≈ SrSO4 ، اجريت تجربة لتركيز تلك المخلفات بأتباع تقنية التعويم الرغوي المباشر ، حيث أخضعت عينة ممثلة من المخلفات للتعويم الرغوي بتطبيق الظروف المثلى المثبتة في الدراسة الأولية لتركيز الخام في منطقة طار النجف (حمودي وآخرون ، 1999) ونتائج هذه التجربة مبينة في الجدول (11) . ومنها يتضح انه بالامكان استرجاع معدن السليستايت من تلك المخلفات بنقاوة 80.74%.

جدول (8): تأثير تغيير الحجم الحبيبي للخليط المغربل على تركيز معدن السليستايت المسترجع من مخلفات تركيز المرحلة الاولى

رقم التجربة	الحجم الحبيبي للخليط المغربل (ملم)	النسبة المئوية للمواد الصلبة (%)	السرعة الدورانية دورة/دقيقة	القدرة الزمنية لعملية الطحن والخلط الميكانيكي (دقيقة)	النسبة المئوية الوزنية (%)	تركيز معدن السليستايت (%)	النسبة المئوية للسليستايت المسترجع (%)	النسبة المئوية للاسترجاع محسوبة على أساس الخام (%)
6	0.125+ 0.125-	60	1400	60	76.82 23.18	20.43 53.09	56.05 43.95	13.32 10.44
7	0.106+ 0.106-	60	1400	60	95.8 4.20	24.04 68.15	88.95 11.05	21.14 2.63
8	0.090+ 0.090-	60	1400	60	95.71 4.29	25.35 69.65	93.14 6.86	22.14 1.63
9	0.075+ 0.075-	60	1400	60	96.17 3.83	33.43 68.87	93.18 6.82	22.15 1.62

اجريت الفحوصات الفيزيائية لنموذج ممثل لركاز السليستايت للمرحلة الاولى في مختبرات مركز البحث والتطوير النفطي، تضمنت هذه الفحوصات تحديد الخواص التيارية لسائل حفر الآبار النفطية (Rheological properties)عند إضافة ركاز السليستايت كبديل جزئي عن البارايت المستورد (كمادة تثقيل سائل الحفر) حيث تم إضافة ركاز السليستايت إلى عينة من سائل حفر الآبار النفطية محضرة مختبرياً (حسبالمواصفات القياسية العالمية API) و بكميات تراوحت بين (100 – 600) غم. بعدها تم إجراء الفحوصات لسائل الحفر عند كل إضافة مع مقارنة تلك الخواص باضافة البارايت المستورد، وتشمل هذه الفحوصات مقاومة الجل ، اللزوجة الظاهرية ، اللزوجة اللدائنية ، نقطة المطاوعة والكثافة.

ان نتائج هذه الفحوصات مبينة في الجدول (12) والتي من خلالها تم التاكد من امكانية استخدام ركاز السليستايت (للمرحلة الاولى) بصورة جزئية لتثقيل سائل الحفر و بحدود كثافة 1.4 غم / سم^3 من دون التأثير على خواصه التيارية ، أما المضي في رفع كثافة سائل الحفر باستخدام ركاز

جدول (9): نتائج تجارب استرجاع السليستايت (بطريقة التعويم الرغوي) من مخلفات المرحلة الاولى للتركيز

رقم التجربة	كمية المادة المغطسة (غم/لتر)	كمية المادة المجمعة (غم/لتر)	كمية المادة المزبدة (غم/لتر)	تركيز معدن السليستايت (%)		النسبة المئوية الوزنية (%)		النسبة المئوية للاسترجاع (%)		النسبة المئوية للاسترجاع محسوبة على اساس وزن الخام (%)	
				ركاز	مخلفات	ركاز	مخلفات	ركاز	مخلفات	ركاز	مخلفات
10	0.125	0.076	0.0146	49.78	20.15	40.53	59.47	62.71	37.29	14.9	8.86
11	0.108	0.076	0.0146	64.11	13.83	41.31	58.69	76.58	23.42	18.2	5.57
12	0.087	0.076	0.0146	65.30	4.57	42.53	57.47	91.34	8.66	21.71	2.06

جدول (10): نتائج تجربة التعويم الرغوي لركاز السليستايت المسترجع (بطريقة التعويم الرغوي) من مخلفات المرحلة الاولى للتركيز

رقم التجربة	كمية المادة المغطسة (غم/لتر)	كمية المادة المجمعة (غم/لتر)	كمية المادة المزبدة (غم/لتر)	تركيز معدن السليستايت (%)		النسبة المئوية الوزنية (%)		النسبة المئوية للاسترجاع (%)		النسبة المئوية للاسترجاع محسوبةس على اساس وزن الخام (%)	
				ركاز	مخلفات	ركاز	مخلفات	ركاز	مخلفات	ركاز	مخلفات
13	0.087	0.076	0.0146	78.04	31.47	62.00	38.00	80.19	19.81	17.41	4.3

جدول (11): نتائج تجربة التعويم الرغوي لمخلفات تركيز المرحلة الثانية

رقم التجربة	كمية المادة المغطسة (غم/لتر)	كمية المادة المجمعة (غم/لتر)	كمية المادة المزبدة (غم/لتر)	تركيز معدن السليستايت (%)		النسبة المئوية الوزنية (%)		النسبة المئوية للاسترجاع (%)		النسبة المئوية للاسترجاع محسوبة على اساس وزن الخام (%)	
				ركاز	مخلفات	ركاز	مخلفات	ركاز	مخلفات	ركاز	مخلفات
14	0.125	0.076	0.0146	80.74	38.8	44.73	55.27	62.74	37.26	9.70	5.76

السليستايت إلى أكثر من 1.4غم /سم^3 فان ذلك سيؤدي الى عدم السيطرة على الخواص التيارية بالشكل المبرمج له وبالتالي زيادة ضغط التدوير على الطبقات المحفورة . بالإضافة إلى الفحوصات الفيزيائية اجريت التحليلات الكيميائية لعينات ممثلة لركاز السليستايت بمرحلتيه الاولى والثانية والنتائج موضحة في الجدول(13).

الاستنتاجات

- بينت التحليلات الكيميائية و فحوصات الاشعة السينية للخام الذي تم دراسته انه يحتوي على نسبة عالية من معدن السليستايت تصل الى حوالي 56% اضافة الى الشوائب و اهمها الكوارتز الذي تصل نسبته الى 38%.
- بينت نتائج التدرج الحجمي و توزيع معدن السليستايت على الحجوم الحبيبية المختلفة للخام ان اعلى تراكيز لمعدن السليستايت تقع ضمن الحجوم الحبيبية الاقل من 0.125 ملم .
- تم تحديد الظروف المثلى لعملية تركيز معدن السليستايت لكلا مرحلتي التركيز (الاولى والثانية) وكما يلي :

أ- المرحلة الاولى للتركيز :

* تكسير الخام الى حجم حبيبي (-25 ملم) و من ثم الى (-2 ملم) .
* طحن الخام الى حجم حبيبي اقل من 0.250 ملم .
* الغربلة الرطبة (للخام المطحون) على منخل 0.106 ملم .
* تركيز معدن السليستايت في ركاز المرحلة الاولى كان 71.23% وبنسبة استرجاع 76.23%

ب- المرحلة الثانية للتركيز :

* طحن ركاز المرحلة الاولى الى حجم حبيبي اقل من 0.075 ملم .
* التعويم الرغوي للركاز المطحون باستخدام سيليكات الصوديوم مادة مغطسة ، اولات الصوديوم مادة مجمعة وزيت الصنوبر مادة مزبدة .
* تركيز معدن السليستايت في ركاز المرحلة الثانية كان 91.22% وبنسبة استرجاع 60.77 %.

ج- الظروف المثلى لعملية استرجاع السليستايت من مخلفات التركيز للمرحلة الاولى بطريقتين:

طريقة الرج والحك الميكانيكي الشديد وطريقة التعويم الرغوي وبمرحلتين وقد تراوحت نقاوة الركاز الناتج بين (65.3 – 78.04)% و بنسبة استرجاع تراوحت بين (21.7 –17.41)%.

د – أمكن الحصول على ركاز ذو نقاوة 80.76 % و بنسبة استرجاع 9.70 % وذلك بتطبيق الظروف المثلى لعملية استرجاع السليستايت من مخلفات المرحلة الثانية بطريقة التعويم.

- بينت نتائج الفحوصات الفيزيائية و التيارية لركاز المرحلة الأولى إمكانية استخدامه لتثقيل سائل حفر الابار النفطية (بحدود كثافة 1.4 غم / سم^3) واعتبارة كبديل جزئي عن البارايت المستورد .

جدول (12): نتائج تقييم مادة (ركاز السليستايت) كبديل جزئي لمادة البارايت

الخاصية	وحدة القياس	سائل خفر اساس	100غم		200غم		300غم		400غم		500غم		600 غم	
			بارايت	سليستايت	بارايت	سليستايت	بارايت	سليستايت	بارايت	سليستايت	بارايت	سليستايت	بارايت	سليستايت
قراءة عزم التدوير Φ 600	دورة/دقيقة	25	38	34	44	40	58	50	65	66	71	75	77	96
قراءة عزم التدوير Φ 300	دورة/دقيقة	15	20	20	23	23	32	30	38	40	41	47	44	62
مقاومة الجل 0دقائق Gel. 0 min	باون/100قدم^2	2	2	2	2	2	3	3	3	5	5	12	5	20
مقاومة الجل 10دقائق Gel.10 min	باون/100قدم^2	8	12	13	13	12	22	36	27	46	38	68	38	93
اللزوجة الظاهرية AP.V	سنتي بويس	12.5	19	17	22	20	29	25	32.5	33	35.5	37.5	38.5	48
اللزوجة اللدائنية P.V	سنتي بويس	10	18	14	21	17	26	20	27	26	30	28	33	34
نقطة المطاوعة Y.P	باون/100قدم^2	5	2	6	2	6	6	10	11	14	11	19	11	28
الكثافة	غم/سم^3	1.03	1.17	1.16	1.3	1.28	1.42	1.39	1.53	1.48	1.63	1.56	1.72	1.63

- تم تحضير نموذج مكون من المواد المدرجة أدناه كسائل أساس (Base Mud).
- 500 سم^3 ماء اسالة +0.1 غم هيدروكسيد الصوديوم +25 غم بنتونايت (API Bentonite) +2 غم FCI +2 غم CMC (L.V.) .
- تم إضافة كميات مختلفة من مادة البارايت و مادة السليستايت و حسب ما تبين في الجدول أدناه مع نتائج الفحص.

AP.V = Apparent viscosity
FCL = Ferro Chrome Ligno Sulphonate
L.V. = Low viscosity
P.V. = Plastic viscosity
Y.P. = Yield point
CMC = Carboxy Methyl Cellulose

ملاحظة :
تركيــز العناصــر الارضية القاعدية المعدنية الذائبة كالكالسيوم
(concentration of Soluble Alkaline earth metals as calcium) لركاز السليستايت = 120ملغم / لتر (الحد الاقصى المقبول 250 غم / لتر)

جدول (13): التحليلات الكيميائية لركاز السليستايت
(ركاز المرحلة الاولى و الثانية)

المكونات %	ركاز المرحلة الاولى	ركاز المرحلة الثانية
SrO	38.6	51.46
CaO	0.43	0.57
MgO	0.16	0.31
K_2O	0.04	0.21
Na_2O	0.11	-
Al_2O_3	-	0.66
Fe_2O_3	-	0.57
SiO_2	29.66	-
L.O.I	1.10	0.99

المصادر

البيداري ، أزهار بولص ، 1997. معدنية وجيوكيميائية وتقييم الصخور الطينية لتكوين انجانة في منطقة النجف– كربلاء ، إطروحة دكتوراه (غير منشورة) ، كلية العلوم ، جامعة بغداد .

الحبة ، يحيى قاسم ، البصام ، خلدون صبحي ، 1996. دراسة استعمال السليستايت العراقي بديل للبارايت في تثقيل سوائل حفر الآبار النفطية ، تقرير مشترك ، شركة الاستكشافات النفطية والشركة العامة للمسح الجيولوجي و التعدين ، تقرير رقم 2357 .

الخفاجي ، علي عبد الحسن والقويزي ، مضر محمد علي ، 1999 . التحري الاستكشافي عن السليستايت في تكويني انجانة والدبدبة في منطقة النجف وكربلاء. الشركة العامة للمسح الجيولوجي و التعدين ، تقرير رقم 2518 .

الياسري ، محمد فضل ،1997. دراسة تركيز معدن السليستايت العراقي لمنطقة النجف و تحضير بعض مركبات السترونتيوم منه. إطروحة ماجستير(ةغير منشورة) ، قسم هندسة الإنتاج والمعادن ، الجامعة التكنولوجية .

حمودي ، نوفل عبد الرسول وعبد الله ، سحر نجم والخفاجي ، علي عبد الحسن ، 1999. تجارب أولية مختبرية حول تركيز وفصل معدن السليستايت من الخامات المحلية في منطقة طار النجف . الشركة العامة للمسح الجيولوجي و التعدين ، تقرير رقم 2519 .

Machine Instruction for Denver "SubA" Laboratory Flotation Machine Model D1, 1962 . Instruction No.LF-400,Denver Equipment Company .